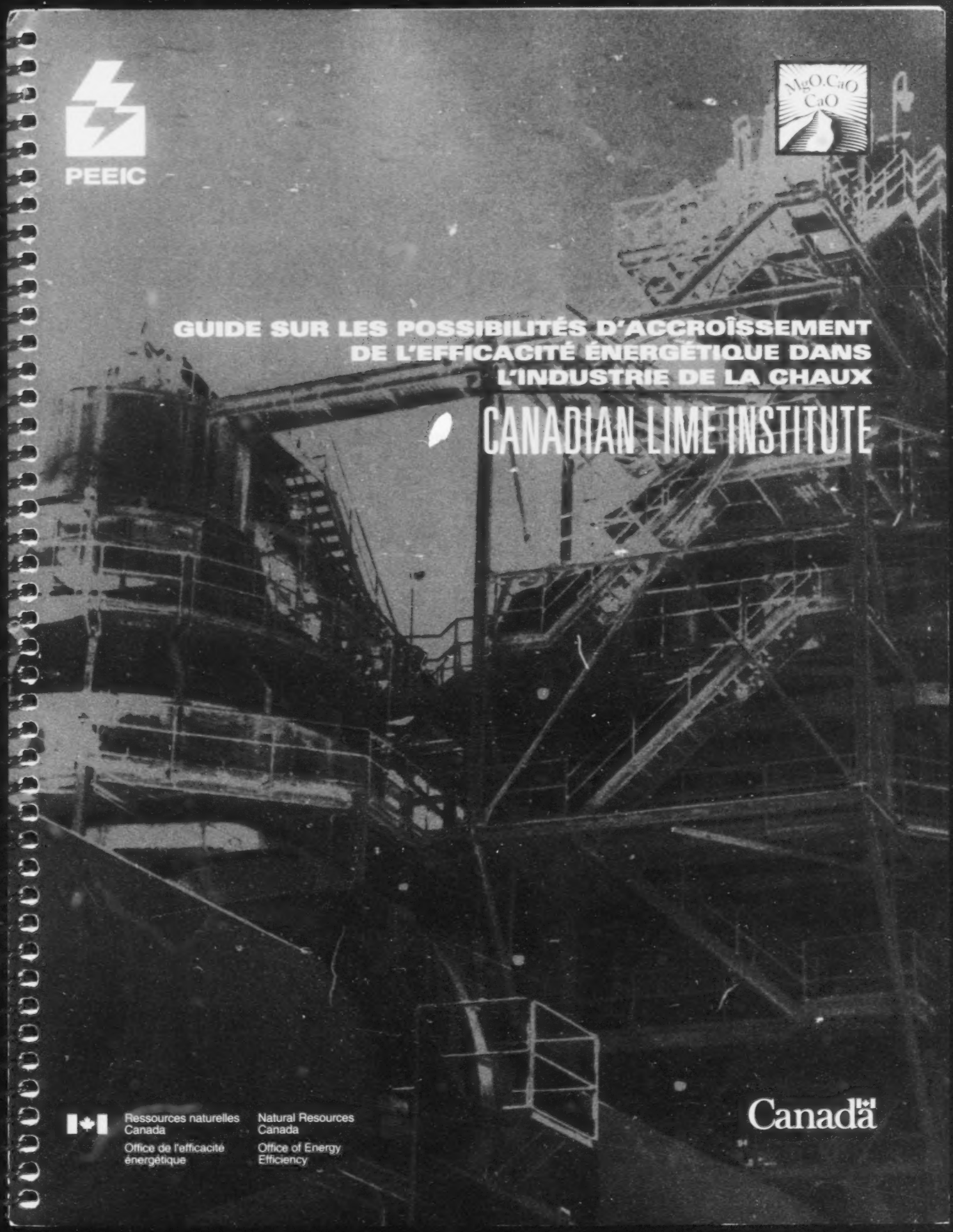

PEEIC
MgO.CaO
CaO
GUIDE SUR LES POSSIBILITÉS D'ACCROÎSSEMENT
DE L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE DANS
L'INDUSTRIE DE LA CHAUX
CANADIAN LIME INSTITUTE
Ressources naturelles Canada
Office de l'efficacité énergétique
Natural Resources Canada
Office of Energy Efficiency
Canada

Guide sur les possibilités d'accroissement de l'efficacité énergétique dans l'industrie de la chaux – Canadian Lime Institute

Also published in English under the title:
Energy Efficiency Opportunity Guide in the Lime Industry – Canadian Lime Institute

ISBN 0-662-86140-X
N° de catalogue M92-231/2001F
© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2001

Pour obtenir des exemplaires supplémentaires de la présente publication, veuillez écrire à :
Office de l'efficacité énergétique
Ressources naturelles Canada
580, rue Booth, 18e étage
Ottawa ON K1A 0E4
Tél : (613) 995-6950
Télec. : (613) 947-4121

La plupart des publications de l'Office de l'efficacité énergétique peuvent être commandées ou visionnées en ligne. Visitez notre bibliothèque virtuelle qui affiche les publications sur l'énergie : http://oee.rncan.gc.ca/infosource. L'adresse du site Web de l'Office de l'efficacité énergétique est http://oee.rncan.gc.ca

Papier recyclé

Déni de responsabilité

L'information contenue dans le présent document est tirée de diverses sources publiées et des idées mises de l'avant par des représentants de sociétés ou d'organismes privés de l'industrie de la chaux. Les idées et les points de vue présentés sont ceux de l'auteur et ne représentent pas nécessairement les points de vue ou les politiques du Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne (PEEIC), du Canadian Lime Institute ni d'aucun de ses membres. Les possibilités présentées dans le document sont générales et ne se veulent nullement des recommandations visant des installations particulières.

La mention ou l'utilisation d'appellations commerciales, de produits commerciaux ou de noms de fournisseurs ne signifie pas que leur utilisation ou application est approuvée.

Au cours de la préparation du document, l'auteur s'est efforcé de présenter de l'information à jour, exacte et claire. Toutefois, l'information contenue dans le document vise à fournir des directives générales. Elle n'est donc pas exhaustive mais fournit plutôt des réponses générales à des questions générales. Il est entendu que l'auteur, Energistics Group Inc., y compris ses directeurs, agents et employés, n'est pas responsable des résultats de toute mesure prise à la lumière de l'information diffusée dans le présent document, ni des erreurs qui pourraient s'y être glissées ou encore des omissions. Les lecteurs devraient consulter des conseillers professionnels avant de prendre toute décision sur des questions particulières.

Remerciements

La société Energistics Group Inc. a préparé le présent *Guide sur les possibilités d'accroissement de l'efficacité énergétique dans l'industrie de la chaux* à l'intention du Canadian Lime Institute avec l'aide financière du Canadian Lime Institute (CLI) et de Ressources naturelles Canada par l'entremise du Groupe de travail du secteur de la chaux du Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne (PEEIC).

Le CLI est un organisme autonome, composé de 16 entreprises canadiennes de production de chaux.

Le PEEIC est appuyé par l'Office de l'efficacité énergétique de Ressources naturelles Canada et comprend 23 groupes de travail représentant divers secteurs de l'industrie canadienne. Le groupe de travail du secteur de la chaux est composé de représentants de plusieurs producteurs de chaux. R.L. (Dick) Bowman, Beachville Lime Ltd., (anciennement connue sous le nom de Global Stone Ingersoll Ltd.[1]), représente les intérêts du CLI au sein de ce groupe de travail.

Nous désirons remercier pour leur aide, leur appui technique et leurs commentaires toutes les personnes qui ont participé à la préparation du présent guide, plus particulièrement :

- R.L. (Dick) Bowman, Beachville Lime Ltd., (anciennement connue sous le nom de Global Stone Ingersoll Ltd.[1])
- Roger Downham, Beachville Lime Ltd., Ingersoll, Ontario
- Steve Hood, AERA Energy Solutions Group, Ingersoll, Ontario
- Don Taylor, Lafarge Lime, Dundas, Ontario

Energistics Group Inc. est une entreprise privée de services éconergétiques se spécialisant dans l'achat et l'utilisation rentable de tous types de sources d'énergie. Elle offre aux producteurs, aux services publics et aux utilisateurs finaux des services de gestion, d'experts-conseil et de recherche. On peut communiquer avec l'entreprise à l'adresse suivante :

Energistics Group Inc.
300, rue Richmond, bureau 104
Chatham (Ontario) N7M 1P7
Téléphone : (519) 351-2104
Télécopieur : (519) 351-2146

Neal Cockshutt
Directeur, Services éconergétiques
Energistics Group Inc.

[1] Au cours de la réalisation du projet, la société Global Stone Ingersoll est officiellement devenue Ingersoll Lime Limited.

TABLE DES MATIÈRES

1.0 Introduction

1.1 Guide 1
1.2 Économie d'énergie et efficacité énergétique 1
1.3 Environnement 3
1.4 Aide des services publics et du gouvernement 3
1.5 Aide en matière d'efficacité énergétique 5
1.6 Engagement envers l'efficacité énergétique 6

2.0 Économie d'énergie et efficacité énergétique dans l'industrie de la chaux

2.1 Industrie de la chaux 8
2.2 Consommation d'énergie et répartition 10
2.3 Conception des fours 12

3.0 Coûts de l'énergie

3.1 Gaz naturel 14
3.2 Électricité 15
3.3 Autres sources d'énergie 17
3.4 Eau 18

4.0 Mesures générales d'amélioration de l'efficacité énergétique

4.1 Suivi et gestion des résultats 19
4.2 Comptabilisation de la consommation d'énergie 20
4.3 Sensibilisation des employés et programmes de formation 21
4.4 Entretien des installations 21

5.0 Mesures d'efficacité énergétique

5.1 Introduction 24
5.2 Mesures générales 25
5.3 Éclairage 25
5.4 Chauffage des bâtiments 27
5.5 Compresseurs d'air 28
5.6 Moteurs électriques 30
5.7 Entraînements à vitesse variable 31
5.8 Véhicules 32
5.9 Pompes 34
5.10 Ventilateurs 35

6.0 Mesures spécifiques à l'industrie de la chaux

6.1 Enchaînement des activités, manutention et qualité du produit 38
6.2 Dispositifs de manutention 40
6.3 Entreposage de la roche calcaire 41

6.4 Concasseurs et distributeurs vibrants . . . 43
6.5 Triage . . . 44
6.6 Préchauffeurs . . . 45
6.7 Fours rotatifs longs . . . 46
6.8 Refroidisseurs . . . 47

7.0 Fours et mesures liées aux fours

7.1 Matériaux réfractaires . . . 48
7.2 Dispositifs de réglage de la combustion . . . 50
7.2.1 Analyse des gaz de combustion . . . 50
7.2.2 Évaluation du débit d'air . . . 52
7.2.3 Régulation du combustible . . . 52
7.2.4 Brûleurs . . . 52
7.3 Manutention du combustible . . . 53
7.3.1 Mazout . . . 53
7.3.2 Houille et dérivés de la houille . . . 54
7.3.3 Sources d'énergie de remplacement . . . 55
7.4 Fuites . . . 55
7.5 Composantes internes des fours . . . 56
7.6 Fours verticaux . . . 56
7.7 Cyclones . . . 57
7.8 Dépoussiéreurs électrostatiques et filtres à manche . . . 58
7.9 Briquetage . . . 58

Annexe

Personnes-ressources au sein de l'industrie . . . 60
Programmes de gestion de l'énergie des gouvernements provinciaux . . . 61
Services d'électricité . . . 62
Programmes cités comme source de référence . . . 64

Références . . . 65

Figures

1. Triangle des éléments essentiels pour la réussite d'un projet . . . 6
2. Traitement de la chaux . . . 10
3. Consommation d'énergie selon la source d'énergie . . . 11
4. Indicateur de l'intensité énergétique : installations de chaux commerciale . . . 12

Tableaux

1. Applications de la chaux commerciale (1996) . . . 9
2. Rendement des fours en fonction de leur type . . . 13
3. Mesures générales . . . 25
4. Économies réalisées grâce aux entraînements à vitesse variable . . . 32

INTRODUCTION
1.0

1.1 GUIDE

Le présent guide se veut une source pratique d'information à l'intention des producteurs de chaux et des entreprises de calcination du Canada. Facile à consulter, il présente des domaines potentiels d'économie d'énergie et de réduction des coûts connexes dans les installations de production de chaux et les activités de transformation.

L'auteur présume que les lecteurs connaissent les activités de transformation de la chaux et ont les connaissances requises pour adapter les conseils fournis dans le guide en fonction de leurs applications et de leurs installations particulières.

L'achat d'énergie n'est pas une dépense fixe mais plutôt une variable puisque son coût peut varier. Le présent guide peut servir de référence pour aider les entreprises à mettre elles-mêmes au point des processus de vérification et d'évaluation de la consommation d'énergie.

1.2 ÉCONOMIE D'ÉNERGIE ET EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

Lorsque l'on parle de la quantité d'énergie utilisée ou économisée, on emploie souvent deux termes l'un pour l'autre : « économie d'énergie » et « efficacité énergétique ». Ces termes ont des significations légèrement différentes, mais désignent tous les deux une diminution de la quantité totale d'énergie consommée. Quoi qu'il en soit, il importe d'examiner l'incidence des mesures d'efficacité et d'économie sur les taux de production et la qualité du produit.

L'économie d'énergie a trait aux mesures qui réduisent la quantité totale d'énergie consommée. Ces mesures visent habituellement à diminuer le gaspillage ou à éliminer les étapes ou les activités non essentielles. L'économie d'énergie est exprimée en unités d'énergie économisée. Comme exemple de mesures d'économie, mentionnons le fait d'éteindre les lumières des pièces non occupées, l'utilisation de thermostats programmables ou la réduction du temps de préchauffage d'un four. On réalise souvent des économies simplement en modifiant les procédés ou en établissant un horaire des activités. En outre, des économies considérables peuvent être réalisées à peu de frais.

Le terme « économie d'énergie » est encore terni par l'image négative des toutes premières mesures mises à l'essai qui consistaient parfois à « ne pas consommer d'énergie ». Les méthodes modernes d'économie efficaces sont celles qui permettent d'atteindre des résultats similaires, voire supérieurs, tout en consommant moins d'énergie.

Le terme « **efficacité énergétique** » a trait à une utilisation plus judicieuse de l'énergie, de façon à maintenir le niveau de production et à fabriquer des produits de qualité similaire ou supérieure tout en utilisant moins d'énergie. Afin d'améliorer l'efficacité énergétique, il est habituellement nécessaire d'investir des capitaux et

d'avoir recours à des technologies plus éconergétiques. Par ailleurs, afin de mesurer l'amélioration de l'efficacité énergétique, un niveau de référence doit être établi. Ce dernier peut être une étape d'un processus ou d'une activité « avant la prise de mesures », une installation ou un processus de référence. L'efficacité énergétique, c'est-à-dire la différence de la quantité d'énergie réellement utilisée, est habituellement exprimée en pourcentage. Ce gain en pourcentage est uniquement applicable au rendement énergétique du matériel concerné. Comme exemple de mesures d'efficacité énergétique, mentionnons le remplacement des dispositifs de chauffage par des systèmes infrarouge, l'amélioration du brûleur d'une chaudière ou le préchauffement de l'air de combustion d'un four.

Aux fins du présent document, on ne fera pas de distinction entre les mesures d'efficacité énergétique et d'économie d'énergie ou encore d'amélioration. Elles seront simplement appelées mesures d'efficacité énergétique.

La **gestion de l'énergie** consiste en un plan d'amélioration continu qui vise à intégrer l'économie d'énergie et l'efficacité énergétique aux activités d'une entreprise. On définit la gestion de l'énergie comme étant l'utilisation judicieuse de l'énergie pour atteindre des objectifs préétablis. Il faut souligner qu'une saine gestion de l'énergie ne doit pas réduire l'efficacité de la production ni la qualité du produit.

Une saine gestion de l'énergie est également bénéfique pour l'environnement. En diminuant sa consommation d'énergie, une entreprise réduit la quantité d'émissions et de polluants relâchés dans le sol, l'atmosphère et les eaux. Les entreprises devraient tirer parti de tous les crédits et des relations publiques positives découlant de la mise en œuvre de mesures d'efficacité énergétique. Dans certains cas, les avantages environnementaux peuvent compenser les coûts liés aux mesures d'efficacité. Avant de passer à l'action, une entreprise devrait, selon les stratégies qu'elle a adoptées, communiquer avec les services publics locaux et des organismes gouvernementaux afin de déterminer si des programmes d'aide sont offerts. L'annexe propose une liste de personnes-ressources de l'industrie.

La plupart des programmes d'efficacité énergétique et d'économie d'énergie tiennent compte de tous les services publics, y compris toutes les sources d'énergie, l'eau achetée ou traitée et les égouts, de même que des services secondaires, comme la vapeur ou l'air comprimé produits sur place.

Étant donné que l'achat d'énergie représente la majorité des coûts totaux liés aux services publics, on utilisera « énergie » comme terme générique dans ce document, réservant le terme « services publics » pour désigner les fournisseurs de services ou les entreprises locales de distribution.

Enfin, le présent guide n'a pas pour but d'examiner tous les domaines où des économies peuvent être réalisées, mais plutôt de présenter les cas types les plus pertinents pour l'industrie de la chaux. Par exemple, en raison du peu de possibilités

d'utiliser de la chaleur à basse température, le guide ne recommande pas l'examen des possibilités de récupération de la chaleur des compresseurs d'air ou des moteurs ou la mise en œuvre de mesures à cet effet.

1.3 ENVIRONNEMENT

Les mesures d'efficacité énergétique ont une incidence directe sur les émissions et l'environnement. En raison de l'intérêt manifesté par la population lors des sommets de Rio et de Kyoto, où ont été établis d'ambitieux objectifs de réduction des émissions liées à la consommation d'énergie, toutes les mesures prises devraient être inscrites, peu importe les économies réalisées.

L'organisation Mesures volontaires et Registre inc. du Défi-climat canadien (MVR inc.) fait connaître à la population les engagements des entreprises et leurs progrès au chapitre de la réduction des émissions. MVR inc. vise en partie à reconnaître les entreprises qui ont pris volontairement des mesures hâtives. On prévoit qu'en faisant état des mesures prises, les entreprises inscrites pourront donner un effet rétroactif à leurs efforts si les échanges de droits d'émissions entraient pleinement en vigueur.

Au moment de la préparation du présent guide, six des huit entreprises membres du Canadian Lime Institute (CLI) avaient inscrit et soumis leurs plans auprès de MVR inc. Elles représentent 75 p. 100 des entreprises membres et environ 57 p. 100 de la capacité nominale annuelle du CLI.

On peut obtenir un aperçu du programme et des avantages que procure une inscription auprès de MVR inc. en communiquant avec les responsables du programme (voir l'annexe).

1.4 AIDE DES SERVICES PUBLICS ET DU GOUVERNEMENT

La plupart des services publics ont des représentants techniques itinérants qui peuvent aider les entreprises à mesurer leur consommation d'énergie à court terme et fournir de l'information technique pour faciliter la prise d'une décision sur l'opportunité d'un projet d'efficacité énergétique. Le degré de connaissances ou de soutien varie selon l'engagement du service public envers sa clientèle. Avant de demander de l'aide sur place, il est recommandé de vérifier les coûts ou les tarifs des services souhaités.

Un grand nombre de services publics locaux ont pour mandat de collaborer avec leurs clients afin d'assurer que l'énergie qu'ils fournissent est utilisée le plus efficacement possible. On a élaboré des programmes de gestion axée sur la demande (GAD) pour favoriser l'adoption de mesures d'efficacité par les entreprises, dans le but de faire en sorte que les consommateurs acceptent d'emblée les solutions

plus éconergétiques. Il y a trois principaux types d'aide : la sensibilisation, le marketing de produits à haut rendement énergétique et la technologie. Certains services publics continuent d'offrir une aide financière sous forme d'incitatifs ou de subventions.

Les services publics offrant des programmes de GAD font état à leurs organismes de réglementation des économies d'énergie résultant de ces activités. Afin d'être admissible à une aide financière, une entreprise doit faire accepter ses projets avant de les mettre en œuvre. À l'heure actuelle, la réduction des émissions et les crédits connexes sont attribués aux clients et non aux services publics. Avant de déposer une demande d'aide financière ou d'incitatif auprès d'un service public, il importe de vérifier la politique en vigueur.

Dans les années 1980, on a exercé considérablement de pression pour augmenter l'efficacité énergétique dans le secteur industriel. Les services publics et les pouvoirs publics ont consacré passablement de temps et d'efforts pour aider les consommateurs à cerner les possibilités d'économies d'énergie, habituellement à peu ou pas de frais pour les clients. Un grand nombre des rapports préparés à cet effet ont été mis sur les tablettes avant que les recommandations n'aient été entièrement examinées ou mises en œuvre, en partie en raison du faible coût de l'énergie. L'attention est maintenant tournée de nouveau vers l'avantage concurrentiel d'une efficacité énergétique accrue. On encourage les entreprises à examiner leurs archives pour trouver les suggestions et les recommandations déjà formulées et qui sont désormais réalisables en raison du coût de l'énergie ou des changements sur le marché (c.-à-d. que, pour un produit dont la valeur a augmenté, il sera désormais rentable d'accroître la production à l'aide d'un appareil éconergétique).

Quoique les programmes gouvernementaux puissent évoluer, des services et de l'aide financière sont actuellement offerts en raison de l'importance présentement accordée à la réduction des émissions. La prestation de services techniques pour les projets ou les programmes nouveaux ou de pointe est une initiative intéressante. Par le biais du programme conjoint À LA SOURCE du gouvernement fédéral et de l'Alliance des manufacturiers et des exportateurs du Canada, l'industrie peut embaucher à peu de frais des spécialistes sans emploi pour des projets dans les domaines suivants :

- hygiène et sécurité du travail;
- réduction des déchets solides et gestion des déchets;
- gestion de l'énergie;
- gestion de la qualité et de l'environnement.

L'annexe contient des renseignements sur le programme À LA SOURCE.

1.5 AIDE EN MATIÈRE D'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

Les entreprises qui ne disposent pas du savoir-faire ou des ressources humaines requises peuvent aller chercher les connaissances sur le marché industriel pour cerner, appuyer et mettre en œuvre des mesures d'efficacité énergétique. Un grand nombre d'entreprises de services éconergétiques se sont taillé une place en cernant les possibilités et en mettant en œuvre des projets d'améliorations éconergétiques. Elles peuvent proposer des moyens de financement novateurs et offrir des garanties relativement aux économies que permettront de réaliser les projets. Les firmes d'ingénierie et les fabricants d'équipement s'avèrent également de bonnes sources d'information sur les technologies et les tendances du marché.

Une approche courante est d'établir un lien avec un fournisseur indépendant, lequel mettra en œuvre des projets en tenant compte des intérêts de l'entreprise qui fait appel à ses services et n'embauchera que les spécialistes qui ajouteront de la valeur au projet visé. Un bon fournisseur de services veillera également à la valeur environnementale du projet et à ce que l'entreprise reçoive une aide des services publics aux moments opportuns. Il demandera également toute aide offerte par les gouvernements fédéral et provinciaux au moment du projet.

Certains volets du processus, des activités ou de la stratégie d'une entreprise peuvent avoir été analysés ou étudiés par le passé. Il existe un grand nombre d'excellentes publications pour aider les entreprises à cerner les possibilités et mettre en place des mesures d'efficacité énergétique. Le Guide de planification et de gestion de l'efficacité énergétique du Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne (PEEIC) est un bon point de départ. L'annexe renferme de l'information sur la façon de commander ce guide.

1.6 ENGAGEMENT ENVERS L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

Afin d'assurer une saine gestion de l'énergie (voir la figure 1), il est essentiel pour une entreprise d'obtenir des données à tous les niveaux. Les planificateurs financiers doivent établir des paramètres économiques acceptables, les directeurs et les superviseurs d'installations doivent bien comprendre les procédés utilisés et le chef de projet doit veiller à ce que toutes les activités soient dirigées par les personnes appropriées. Enfin, afin de bien mettre en œuvre les mesures, on doit avoir accès à un savoir-faire technique.

FIGURE 1.
Triangle des éléments essentiels pour la réussite d'un projet

Avant de réaliser des économies, les entreprises doivent souvent surmonter des obstacles communs aux projets d'efficacité énergétique, notamment :

- le peu de connaissances sur les possibilités;
- le peu de connaissances sur la façon de procéder;
- le faible soutien de la direction;
- la faible priorité accordée à l'énergie ou aux services publics;
- des ressources financières (compétition pour les capitaux) ou humaines limitées;
- le peu de responsabilisation à l'interne pour les mesures;
- les risques perçus liés au changement.

104-02203/

Les projets d'efficacité énergétique devraient être mis en œuvre de façon logique et rationnelle. Il est souhaitable de prévoir une période entre les projets pour analyser les répercussions des mesures appliquées. Le chevauchement de projets peut semer la confusion et rendre plus difficile la mise au point de chaque mesure pour l'obtention d'un maximum d'avantages. En outre, il sera plus facile de déceler les problèmes posés par des changements particuliers et ces problèmes pourront être réglés sans effet à long terme.

Pour déterminer le coût des projets d'efficacité énergétique, il faut calculer l'ensemble des frais, y compris les taxes et l'amortissement des coûts des immobilisations. Dans un effort de promotion de l'efficacité énergétique et de la réduction des émissions de gaz à effet de serre, les gouvernements fédéral et provinciaux ont établi une législation et une réglementation fiscales favorisant les incitatifs et l'amortissement accéléré. Les entreprises devraient s'informer auprès de leur comptable sur la façon dont cette réglementation s'applique aux projets visés.

Il arrive souvent qu'on tienne compte des coûts de remplacement des biens d'équipement uniquement vers la fin de la vie utile de l'équipement. Cette façon de procéder retarde presque toujours des projets rentables et des économies d'énergie. Lorsque les projets sont rentables pour des activités particulières, il est préférable d'apporter les améliorations à l'équipement ou de le remplacer le plus tôt possible afin de réaliser sans tarder des économies.

Par exemple, la période de récupération pour le remplacement d'un moteur ordinaire qui tombe en panne par un appareil à haut rendement est de six mois, comparativement à cinq ans pour le remplacement d'un moteur ordinaire nouvellement installé. Si une entreprise fixe à trois ans la période de récupération des projets mis en œuvre, elle peut alors remplacer les moteurs ordinaires par des appareils à haut rendement après un certain nombre d'années d'utilisation et lorsque le coût des moteurs a été suffisamment amorti.

Sauf indication contraire, on a calculé dans le présent guide les périodes de récupération à la fin de la durée de vie de l'équipement en place. De cette façon, les décisions prises dans d'autres situations seront basées sur des facteurs financiers particuliers.

ÉCONOMIE D'ÉNERGIE ET EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE DE LA CHAUX

2.0

2.1 INDUSTRIE DE LA CHAUX

La roche calcaire est un minéral inorganique que l'on trouve en abondance dans toutes les régions du monde. Son exploitation sous sa forme naturelle se fait souvent à ciel ouvert de manière traditionnelle. La roche est concassée et traitée selon l'utilisation pour laquelle elle est destinée. Certaines roches sont préparées et vendues à des fins décoratives ou structurales, tandis que le reste est transformé pour des applications industrielles, chimiques ou environnementales. Le numéro de la principale classification type des industries (CTI) applicable aux producteurs de ce produit est le 3581.

Deux types fondamentaux de chaux sont produits, à savoir la chaux à forte teneur en calcium (CaO), et la chaux à forte teneur en magnésium et en calcium, aussi appelée chaux dolomitique (MgO.CaO). Par définition, la chaux riche en calcium contient moins de 5 p. 100 de magnésium.

Ces deux types de chaux ont une forte teneur en carbonate (CO_3), lequel se dissocie du CO_2 à des températures d'environ 725 °C et 900 °C (1 337 °F et 1 652 °F), selon la structure chimique de la roche. C'est cette dissociation ou ce processus de calcination qui permet d'obtenir la chaux vive. Au cours de la calcination, la taille de la roche change peu; toutefois, son poids baisse de 44 à 47 p. 100. Signalons que la chaux vive à forte teneur en calcium de qualité chimique contient moins de 100 p. 100 d'oxyde de calcium.

Voici quelques-unes des applications les plus courantes de la chaux.

MÉTALLURGIE

- fer et acier
- aluminium et bauxite

INDUSTRIE ET PRODUITS CHIMIQUES

- pâtes et papiers
- raffinage du sucre
- verre

ENVIRONNEMENT

- épuration des eaux
- épuration des eaux usées
- désulfuration des gaz de combustion

CONSTRUCTION

- stabilisation du sol
- chaux pour les bâtiments et la construction

RÉFRACTION

Le tableau 1 présente une répartition des ventes selon les principales applications.

PRINCIPALES APPLICATIONS	POURCENTAGE DES VENTES (APPROX.)
Fabrication d'acier	50
Lutte contre la pollution	14
Pâtes et papiers	14
Produits chimiques	8
Autres utilisations industrielles	14

TABLEAU 1. Applications de la chaux commerciale, 1996

Source : *Minéraux et métaux : analyse préliminaire des mesures et des possibilités de réduction des GES*. Groupe de travail sur les minéraux et les métaux de la Table de l'industrie (PEEIC), juillet 1999.

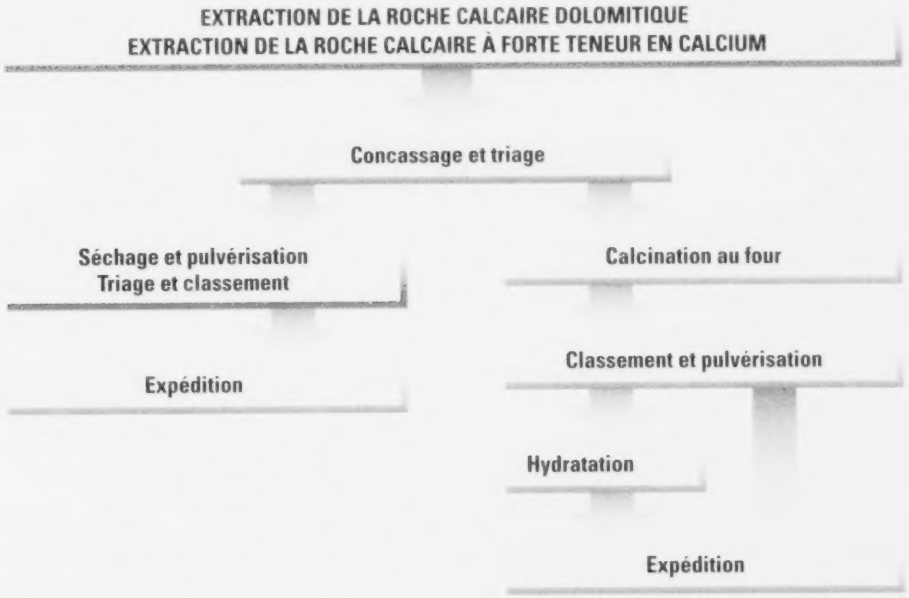
Il importe de faire une distinction entre les deux types de traitement de la chaux. Le premier, soit celui de la chaux commerciale, dont les principales applications sont illustrées au tableau 1, se fait en général directement à la carrière (ou à proximité). La chaux est ensuite mise en marché et vendue sous diverses formes selon les utilisations finales. Les frais de transport de cette chaux sont moins élevés que ceux de la lourde roche calcaire non transformée.

Le deuxième type de traitement se fait chez les producteurs qui transforment la chaux en fonction de leurs besoins de production interne. Ce processus intégré est courant dans les industries de l'acier, du raffinage du sucre et des pâtes et papiers.

Le présent guide traite principalement des installations de chaux commerciale (CTI 3581). Toutefois, nombre des idées et des conseils qui y sont présentés peuvent également s'appliquer aux processus intégrés de transformation de la chaux.

La figure 2 ci-après illustre le processus de traitement habituel de la chaux.

FIGURE 2.
Traitement de la chaux



Source : Canadian Lime Institute

2.2 CONSOMMATION D'ÉNERGIE ET RÉPARTITION

Les coûts de l'énergie représentent approximativement 40 p. 100 des coûts totaux de la production de la chaux. Une grande partie de cette énergie (sous forme de gaz naturel, de coke de pétrole, de houille et de pétrole lourd) est utilisée par les fours au cours du processus de calcination. Le choix du combustible est fonction de l'offre sur le marché, de l'incidence sur la qualité du produit traité et du coût. Il est aussi lié à des modifications des programmes d'entretien et des coûts.

Une grande quantité d'énergie est souvent requise pour préparer et brûler les combustibles les moins coûteux. Il est essentiel de bien comprendre ces paramètres au moment de choisir un combustible, d'établir les coûts ou de calculer le rendement. Par exemple, l'utilisation de la houille et des dérivés de houille peut nécessiter le préchauffement du broyeur. Il faut donc tenir compte dans l'analyse des coûts totaux du coût de l'énergie requise pour préchauffer le broyeur, pour acheminer le combustible au broyeur et pour activer les pompes de transport du combustible et

les ventilateurs, ainsi que les changements requis aux activités d'entretien et les coûts connexes. En outre, l'incidence du combustible sur la qualité de la chaux affecte directement la valeur et l'importance du marché pour le produit.

Le gaz naturel, en revanche, ne requiert aucun équipement auxiliaire. Par conséquent, on peut considérer que le coût à la pointe du brûleur est le coût total. Ceci ne signifie pas que le gaz naturel est le combustible le moins dispendieux, mais plutôt qu'une faible quantité d'énergie est requise pour le préparer et le brûler. Par ailleurs, le coût à la pointe du brûleur peut varier selon le rendement du gaz naturel dans le four. En effet, comme le gaz naturel a une capacité de rayonnement moins élevée que celle du coke ou de la houille, son rendement dans le four est moindre.

Selon des données obtenues en 1996, la consommation de l'industrie de la chaux commerciale s'élevait au total à 14,6 millions de gigajoules.[1] La figure 3 présente la répartition en fonction des sources d'énergie utilisées.

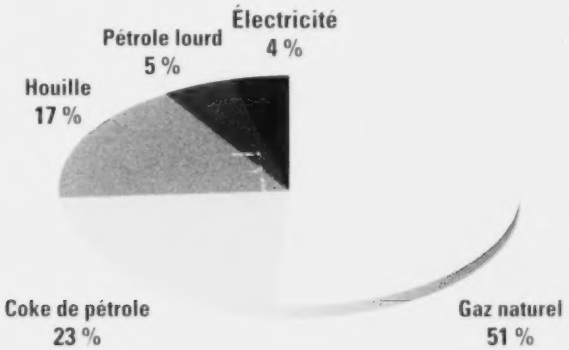


FIGURE 3.
Consommation d'énergie selon la source d'énergie

Afin de tirer pleinement parti des différences au chapitre des coûts totaux, les installations de chaux devraient toutes procéder à une analyse précise et actualisée du rendement des sources d'énergie dans le four et des coûts connexes. Une bonne analyse est une étape essentielle pour la sélection de la taille et du type de système de combustion.

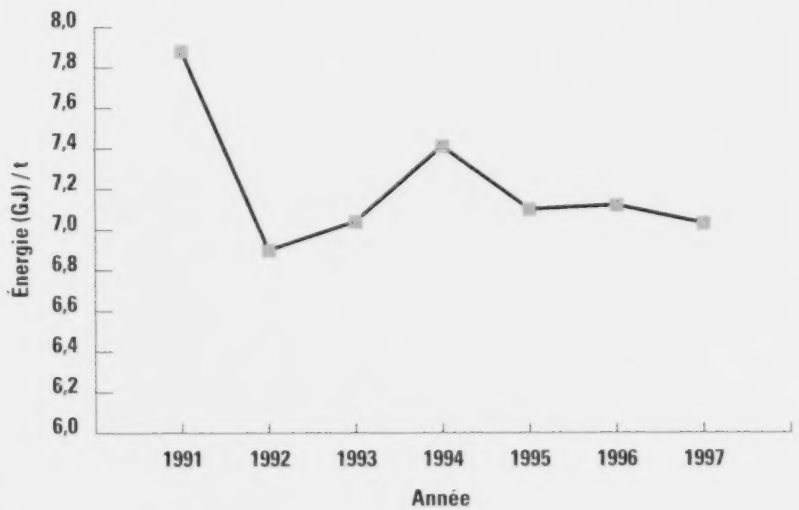
Le taux de consommation d'énergie par unité de chaux produite constitue un indicateur de l'intensité énergétique et reflète les variations au chapitre du rendement. L'indicateur évolue d'une année à l'autre selon les niveaux de production,

[1] Groupe de travail sur les minéraux et les métaux de la Table de concertation de l'industrie : *Document de base sur les minéraux et les métaux*, mars 1999 (disponible à l'adresse www.nccp.ca/html/tables/industry.htm).

les changements de matériel et les pressions globales sur le marché. La figure 4 montre l'évolution de l'intensité énergétique dans l'industrie de la chaux (CTI 3581). On constate une diminution de l'intensité énergétique (consommation d'énergie par rapport à la production) au cours d'une période de sept ans débutant en 1990.[1]

Selon des données obtenues du PEEIC, l'industrie de la chaux affiche une plus importante diminution de l'intensité énergétique que l'ensemble de l'industrie canadienne (qui enregistre une légère baisse globale de l'intensité).[2] Ceci pourrait être en partie attribuable à une meilleure utilisation de fours à rendement plus élevé, lesquels étaient privilégiés par les entreprises à la suite de la crise de l'énergie dans les années 1970 et 1980. Cette baisse peut aussi résulter de l'esprit novateur des fabricants, qui ont mis au point des appareils plus éconergétiques afin de maintenir leur part du marché et d'aider les producteurs de chaux à réduire leurs coûts de fonctionnement.

FIGURE 4. Indicateur de l'intensité énergétique : installations de chaux commerciale



2.3 CONCEPTION DES FOURS

L'année de construction, le type et la conception particulière sont tous des facteurs qui affectent le rendement des fours. Comme l'illustre le tableau 2, le rendement

[1] Centre canadien de données et d'analyse sur la consommation d'énergie dans le secteur de l'industrie, *Élaboration d'indicateurs de l'intensité énergétique pour l'industrie canadienne, 1990 à 1997*

[2] PEEIC, *Rapport annuel de 1996–1997*

de différents appareils peut s'échelonner de 4 gigajoules par tonne (GJ/t) à 13 GJ/t[1], pour une moyenne actuelle reconnue au sein de l'industrie de 6,6 GJ/t[2].

Le remplacement des fours ne fait pas l'objet du présent guide puisque la période de récupération basée uniquement sur les économies d'énergie est de loin supérieure au seuil de trois ans. Cependant, les pressions exercées sur les marchés, les changements dans la demande de produits ou le regroupement des procédés, combinés aux économies de combustible, rendent possible le remplacement de tous les fours.

L'analyse du rendement des combustibles dans les fours présentée à la section précédente offre une partie des données de référence nécessaires à la prise de décisions relatives aux regroupements de procédés qui ne nuiraient pas à la qualité du produit. Dans la mesure du possible, il faut utiliser au maximum le four ayant le meilleur rendement et avoir recours aux autres fours uniquement au besoin. En augmentant la capacité du four le plus éconergétique, une entreprise rentabilisera encore davantage ses autres améliorations éconergétiques, notamment celles des préchauffeurs ou des matériaux réfractaires.

En raison des variations en ce qui a trait aux propriétés chimiques et physiques de la roche calcaire, à l'approvisionnement en combustible, à la conception des brûleurs et des fours, à la capacité requise ainsi qu'à de nombreux autres facteurs, il est pratiquement impossible de recommander le remplacement de fours ou des modifications d'envergure rentables pour des installations particulières. Toutefois, nous avons inclus à la section 5.0 certaines directives de base. Le tableau 2 présente le rendement global des fours en fonction de leur type.

TYPE DE FOUR	RENDEMENT EN GJ/TONNE	PRODUCTION ESTIMATIVE PAR TYPE DE FOUR
Fours rotatifs longs (généralement non dotés de préchauffeurs)	7,0 – 13,0	30 %
Fours à sole rotative (calcination)	6,0 – 9,0	5 %
Fours rotatifs courts (généralement dotés de préchauffeurs)	5,5 – 8,0	30 %
Fours à cuve ou verticaux	5,0 – 7,0	20 %
Fours à double cuve ou de forme annulaire	4,0 – 4,5	15 %

TABLEAU 2. Rendement des fours en fonction de leur type

Source : Groupe de travail sur les minéraux et les métaux de la Table de l'industrie. *Document de base sur les minéraux et les métaux*, mars 1999 (disponible à l'adresse http://www.nccp.ca/html/tables/industry.htm).

[1] Groupe de travail sur les minéraux et les métaux de la Table de concertation de l'industrie : *Document de base sur les minéraux et les métaux*, mars 1999 (disponible à l'adresse www.nccp.ca/html/tables/industry.htm).

[2] Groupe de travail sur les minéraux et les métaux.

COÛTS DE L'ÉNERGIE
3.0

3.1 GAZ NATUREL

Les coûts du gaz naturel comportent trois principales composantes : le transport, la distribution et le produit lui-même. Les coûts liés à ces trois composantes peuvent dans une certaine mesure être modifiés ou contrôlés. La confusion qui règne actuellement sur le marché, en partie attribuable au dégroupement des frais et à la déréglementation, offre des possibilités pour le consommateur averti. Les utilisateurs finaux peuvent désormais sélectionner des services et des options qui répondent aux besoins particuliers de leurs installations. Afin de bénéficier des fluctuations du marché, une entreprise doit s'assurer que l'approvisionnement en gaz naturel s'effectue au tarif adéquat, que les frais de pipeline ou liés à la demande sont réduits et qu'un programme adéquat est en place. Elle doit notamment vérifier ce qui suit :

DISTRIBUTION

- s'assurer que le taux facturé correspond au profil d'utilisation;
- regrouper les compteurs afin de réduire les frais d'utilisation;
- choisir un service interruptible ou garanti selon la possibilité d'utiliser une autre source d'énergie;
- modifier l'utilisation de l'énergie afin d'obtenir un tarif préférentiel;
- s'assurer que les frais facturés sont appropriés.

TRANSPORT

- obtenir le transport au coût le moins élevé selon le profil des risques;
- éviter ou atténuer les frais liés à la demande;
- s'assurer que le marché de services satisfait aux conditions du marché et au profil de charge.

PRODUIT

- acheter le produit au coût le plus bas;
- s'assurer que les frais facturés sont exacts.

Cette liste n'est pas exhaustive, mais elle démontre bien que l'achat du gaz naturel à « bon » prix ne signifie pas nécessairement que le gaz est obtenu au prix le plus bas. Plusieurs « courtiers » aident les utilisateurs finaux à examiner le marché et leur recommandent des stratégies pour bénéficier du prix le plus avantageux. Le recours à un courtier permet d'éliminer les tracas et de diminuer le temps consacré aux achats de gaz naturel, surtout en raison de la volatilité du prix et des fréquents changements dans les structures de redevances, les tarifs et les possibilités liées au transport et à la distribution.

3.2 ÉLECTRICITÉ

On estime que la déréglementation de l'électricité et le dégroupement des services publics favorisent un marché concurrentiel, où les services publics n'auront plus le monopole de tous les aspects de la production, de la transmission et de l'approvisionnement. Les provinces canadiennes adoptent cette déréglementation à différents moments, ce qui signifie que les possibilités varieront selon l'emplacement.

En Ontario par exemple, le secteur de l'électricité offre une souplesse dans l'achat de même qu'un certain contrôle sur les coûts de transmission, de services et de distribution. Les entreprises qui comprennent bien comment est utilisée l'électricité dans leurs installations bénéficieront des meilleures possibilités d'économie d'argent sur ce nouveau marché.

Le marché de l'électricité est de loin plus complexe que celui du gaz naturel et la présente section vise uniquement à donner des exemples de possibilités à examiner. Il existe deux structures tarifaires de base pour l'électricité : le taux en fonction du temps d'utilisation et le taux pour services généraux. Elles visent principalement à récupérer les coûts de production et d'infrastrucure dans les différents secteurs du marché.

Le **taux en fonction du moment d'utilisation** permet aux services publics de récupérer les frais engagés pour la production de l'électricité à des moments donnés. Ces taux sont calculés selon les coûts prévus de production de l'électricité à certaines heures. Au cours de la journée et de la soirée (habituellement entre 7 h et 23 h), la demande globale est élevée; or, la production en période de pointe est en général plus coûteuse. Ces coûts supplémentaires sont transférés aux consommateurs qui utilisent la puissance additionnelle.

Les services publics de la Colombie-Britannique ont recours au principe de la « tarification en temps réel », qui est une variation du principe du taux en fonction du temps d'utilisation. Selon ce type de tarification, les frais imputés aux clients sont basés sur les coûts réels pour le réseau plutôt que les coûts prévus.

Les taux en fonction du moment d'utilisation et en temps réel représentent d'excellentes possibilités d'économie de coûts pour les installations qui peuvent modifier l'horaire de leurs activités afin d'accroître leur demande en énergie dans les périodes creuses.

Le taux des marchés de services généraux permet aux clients d'utiliser l'électricité à n'importe quelle heure du jour sans se soucier des pénalités ou des avantages. Les coûts de l'électricité sont calculés en « bloc »; à mesure que le nombre de blocs augmente, le coût unitaire de l'électricité diminue. Les économies sont directement liées à la réduction de la consommation réelle. Les frais pour les périodes de pointe au cours de la journée et de la nuit sont pondérés afin de couvrir les coûts liés à la production et à l'approvisionnement. Les prix varient également en fonction de la

saison (été ou hiver). Cette différence de prix a toutefois peu d'incidence sur l'industrie de la chaux puisque la plupart des entreprises tiennent leurs activités à l'année longue.

La plupart des tarifs comprennent des frais liés à la demande. La charge de pointe ou la charge maximale, qui consiste habituellement en une augmentation brusque ou une charge élevée pendant une courte période, sert de base pour calculer les frais liés à la demande pour la période de facturation. La réduction de la charge de pointe ne réduira pas nécessairement la consommation d'énergie, mais elle diminuera les coûts d'électricité. Il est par exemple possible de réduire la demande de pointe dans une carrière en faisant fonctionner les pompes d'asséchement pendant les heures creuses et en utilisant un indicateur de niveau d'eau.

Selon les services et le matériel fournis, d'autres coûts ou des rabais s'appliquent aux échelles tarifaires de base, notamment les frais ou les crédits liés aux transformateurs, les frais additionnels de transport, les frais d'alimentation de secours, les rabais pour l'énergie interruptible et les rabais haute tension. Les producteurs de chaux canadiens devraient examiner attentivement tous leurs frais d'électricité et vérifier s'ils ont choisi le fournisseur qui leur offre le tarif le plus avantageux.

Une analyse des frais de service peut être effectuée pour déterminer la marge bénéficiaire d'un service public qui dessert un fabricant de chaux particulier. Cette analyse peut réduire au minimum l'interfinancement d'autres clients ou catégories de clients. Une entreprise peut réaliser des économies en demandant un rabais au service public si elle constate que la prestation de services à son installation revient moins cher que le coût tarifaire, lequel est basé sur les frais facturés au consommateur moyen.

Les frais liés au facteur de puissance constituent un autre coût pouvant être modifié. Le facteur de puissance, qui est le rapport entre la puissance active et la puissance apparente, est réellement une mesure de l'efficacité de la transformation de l'intensité du courant et de la tension en puissance électrique utile.

$$\text{Facteur de puissance} = \frac{\text{kilowatts (puissance résistive)}}{\text{kilovolt-ampères (résistive et réactive)}}$$

Les services publics peuvent facturer leurs clients pour leur faible facteur de puissance ou offrir un rabais à ceux qui ont des facteurs de puissance élevés. Même s'il s'agit principalement d'une question de coût, une entreprise peut réaliser un petit gain en matière d'efficacité si elle réduit les pertes liées à la résistance. Il est possible d'augmenter un faible facteur de puissance en utilisant des transformateurs, des moteurs à induction CA et des serpentins de chauffage de taille adéquate, ou en ajoutant des batteries de condensateurs.

Les producteurs de chaux qui doivent se doter de leurs propres transformateurs devraient songer à se procurer de nouveaux modèles à haut rendement, lesquels permettent de réduire la charge globale (en kVA) en diminuant les pertes internes. Lorsqu'une chaîne de traitement ou un procédé est arrêté ou qu'il n'y a pas de charge sur un transformateur donné, le fait de débrancher le côté principal de ce transformateur permettra d'éviter l'utilisation du courant d'excitation, lequel est utilisé même s'il n'y a pas d'alimentation secondaire.

On peut trouver de l'information sur les transformateurs au site Internet www.copper.org.

Les mesures suivantes peuvent aider à réaliser des économies sur les coûts d'électricité :

- s'assurer que le marché offre la structure tarifaire la plus avantageuse;
- demander au service public des taux en fonction des besoins;
- réduire la charge de pointe de l'installation;
- ajuster le facteur de puissance afin d'éviter les pénalités;
- veiller à ce que les coûts engagés correspondent aux services reçus;
- préparer une analyse des coûts des services.

Il arrive souvent que les services publics d'électricité municipaux ou provinciaux fournissent temporairement à leurs clients des compteurs additionnels pour les aider à évaluer leur consommation d'énergie. Les services offerts peuvent aussi comprendre des conseils sur la façon de réduire la consommation et les frais liés à la demande ainsi que d'augmenter le facteur de puissance.

Un système de suivi et de gestion des résultats (voir la section 4.1) fournira l'information nécessaire – notamment comment et quand l'énergie est utilisée – pour faire des achats judicieux d'électricité.

3.3 AUTRES SOURCES D'ÉNERGIE

Les autres sources d'énergie, comme la houille, le coke, le propane, l'essence, le carburant diesel et le mazout posent un peu plus de problèmes. Le prix et la quantité disponible varient considérablement selon les régions, la concurrence entre les fournisseurs, et la dynamique de l'offre et de la demande. Comme les prix sont fondamentalement déterminés par le marché et qu'il existe peu, voire aucune réglementation à cet égard, il est plus facile de négocier les tarifs et les marchés avec les fournisseurs, comme c'est le cas pour le gaz naturel.

Les prix et les conditions de livraison jugés acceptables sont liés au profil de risque de l'utilisateur final; ils peuvent être déterminés à l'aide d'une étude des coûts du combustible comme nous le mentionnons à la section 2.2 (Consommation d'énergie et répartition).

3.4 EAU

La population canadienne se préoccupe de la préservation de toutes les ressources naturelles, y compris l'eau. La consommation d'eau (achetée ou traitée) de l'industrie de la chaux est très faible et représente un élément négligeable des coûts totaux de services publics. La plupart des coûts liés à l'eau sont engagés pour l'assèchement et non pour l'entretien d'un puits ou l'achat du produit. Par conséquent, nous ne traitons pas en détail de cet aspect dans le guide.

L'approvisionnement en eau chaude est un faible coût lié à l'eau. Les entreprises peuvent acheter ou louer des chauffe-eau à moyen ou à haut rendement pour économiser de l'énergie dans les endroits où il y a une forte consommation d'eau, comme les douches. La période de récupération pour cette mesure sera directement liée à la consommation, mais devrait être de moins de trois ans. L'installation de pommes de douche à faible débit suivie du choix d'un chauffe-eau de taille appropriée permettra de rentabiliser encore plus cette mesure. Les vieux chauffe-eau peuvent être recouverts d'une couverture isolante afin de réduire les pertes de chaleur.

4.1 SUIVI ET GESTION DES RÉSULTATS

Le suivi et la gestion des résultats visent à évaluer la consommation d'énergie, de sorte que les améliorations apportées seront basées sur des données réelles et non des données estimatives. Le processus de suivi et de gestion des résultats comprend deux étapes : un examen détaillé de la façon dont l'énergie est actuellement utilisée, et la détermination et la mise en œuvre des améliorations éconergétiques. Le suivi et la gestion des résultats constituent une façon dirigée et structurée d'assurer que toutes les sources d'énergie (gaz, mazout, électricité, eau, propane et autres), principales et secondaires, sont utilisées de façon judicieuse.

Le suivi et la gestion des résultats, qui font appel aux technologies de l'information, fournissent des données de référence sur la consommation d'énergie dans une installation (quantité, période, endroit et moment). Cette information est essentielle pour mener à bien les projets d'efficacité énergétique, car elle permet de déterminer où mettre en œuvre les mesures les plus efficaces, leur incidence sur la consommation et leurs coûts.

De nombreuses entreprises ont déjà mis en place un imposant système de suivi et n'auront probablement qu'à y apporter des retouches afin d'obtenir l'information requise pour la gestion des résultats.

La gestion des résultats consiste en l'interprétation de données exactes et la formulation de solutions détaillées. Les systèmes utilisés à cet effet devraient automatiquement produire des rapports afin que les opérateurs n'aient pas à y consacrer trop de temps.

La gestion des résultats est un travail spécialisé de gestion de l'énergie et nécessite une excellente compréhension des utilisations de l'énergie. Elle est considérée comme une stratégie d'amélioration continue et ne requiert aucun investissement en capital pour le remplacement de matériel. Elle inclut l'utilisation de l'information obtenue grâce au suivi ou à un système de gestion de l'énergie.

Le suivi et la gestion des résultats permettent de déterminer, de comprendre et d suivre l'incidence des nombreuses mesures d'efficacité énergétique proposées dan le présent guide et devraient faire partie du processus d'élaboration d'un programme de gestion globale de l'énergie.

Un bon système de suivi et de gestion des résultats permettra d'obtenir de chaque élément mesuré des données essentielles ainsi que de récupérer le coût des compteurs et du matériel connexe. Dans la mesure du possible, il devrait faire appel aux appareils de mesure en place. Un tel système a un lien direct avec les programmes ISO 14000 et peut accroître les avantages tirés de la mise en place d'un système de contrôle de la qualité. Il aide en outre à changer l'attitude des employés à l'égard de l'efficacité énergétique. Si ces derniers perçoivent plus facilement les différences, les changements seront acceptés et mis en œuvre plus rapidement.

Il est possible de mettre en place un système de suivi et de gestion dans un délai relativement court (six mois). L'évaluation des activités pouvant être améliorées permettra de réaliser des économies presque instantanément. Reconnaître les possibilités d'économies plus substantielles peut prendre un peu plus de temps, car la collecte des données de référence requises pour comprendre et cerner les domaines qui posent problème peut demander plusieurs années, surtout dans le cas d'activités saisonnières.

Il est essentiel de connaître les tendances d'utilisation (où, quand et combien) pour diminuer la consommation d'énergie totale. Les économies d'énergie possibles dépendent également du matériel à haut rendement offert sur le marché et du matériel déjà en place. Un système de suivi et de gestion des résultats constitue l'un des meilleurs moyens de cerner et de promouvoir les améliorations aux activités et au matériel, et d'en faire le suivi.

La période de récupération associée à cette mesure se trouve dans le tableau sur les mesures générales présenté à la section 5.2.

4.2 COMPTABILISATION DE LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE

La comptabilisation de la consommation d'énergie est directement liée à la capacité de contrôler et de mesurer l'utilisation de l'énergie. Lorsqu'une entreprise possède une structure d'unités fonctionnelles bien organisée ou que des responsabilités distinctes sont confiées aux services, la comptabilisation réalisée grâce à la facturation mensuelle et aux rapports internes de gestion permet d'établir un lien entre la consommation d'énergie et les budgets particuliers ou les centres de profit.

Cette comptabilisation appuie l'efficacité énergétique en faisant davantage connaître le lien entre les causes et les effets. Elle établit un lien direct entre les coûts de l'énergie et l'effet de la consommation ainsi que les activités qui ont le plus d'incidence sur ces facteurs. La gestion des coûts à ce niveau aide à responsabiliser davantage les services et à inciter les utilisateurs à élaborer leur propre plan d'efficacité énergétique.

La répartition de la consommation d'énergie en plus petits éléments permet également d'établir des objectifs qui sont plus pratiques et concrets que ceux d'une initiative lancée à l'échelle de l'entreprise. Même si les objectifs peuvent être établis à l'aide des données mesurées, ils doivent être réalistes et acceptés par les personnes responsables des mesures d'efficacité énergétique. La comptabilisation de la consommation d'énergie fait partie d'une stratégie d'amélioration continue.

La période de récupération associée à cette mesure se trouve dans le tableau sur les mesures générales présenté à la section 5.2.

4.3 SENSIBILISATION DES EMPLOYÉS ET PROGRAMMES DE FORMATION

À l'instar des systèmes de gestion de l'énergie, la formation et la sensibilisation des employés peuvent aider à réduire la consommation d'énergie et à améliorer les procédés. L'objectif devrait consister à offrir aux employés une formation axée sur les compétences et la stratégie afin que ces derniers intègrent l'efficacité énergétique à leurs pratiques quotidiennes de façon à apporter régulièrement de petites améliorations. Il est également possible que certains employés aient déjà cerné des possibilités et proposé l'utilisation de matériel et de services éconergétiques, mais que leurs idées n'aient pas été mises de l'avant en raison des obstacles perçus ou réels, comme ceux décrits à la section 1.6.

Un programme de sensibilisation et de formation efficace repose sur l'engagement de la haute direction envers l'économie d'énergie, l'appui des projets et la promotion de l'efficacité énergétique dans l'ensemble de l'entreprise. Dans la mesure du possible, la direction doit éliminer les obstacles, favoriser la discussion libre et promouvoir les idées visant l'amélioration de l'efficacité énergétique. Elle doit aussi réévaluer les suggestions et les possibilités énoncées à mesure que les marchés, les coûts de l'énergie et les technologies évoluent.

Des programmes officiels de formation et de sensibilisation des employés sont actuellement offerts par certains organismes, notamment Ressources naturelles Canada et l'Institut canadien de formation de l'énergie. En outre, divers intervenants indépendants offrent des conférences et des ateliers.

Il est difficile de quantifier les gains d'efficacité énergétique obtenus grâce aux programmes de sensibilisation et de formation des employés; toutefois, on peut avancer sans hésiter que, sans la participation et l'appui du personnel, l'économie d'énergie sera de courte durée et les efforts auront peu d'incidence.

4.4 ENTRETIEN DES INSTALLATIONS

L'entretien est un élément important des mesures d'efficacité énergétique. Même si la nature du produit même présente certains aspects pouvant poser des difficultés au secteur de la chaux, de plus en plus d'entreprises reconnaissent l'importance de saines pratiques d'entretien.

Chaque installation devrait évaluer les pratiques en place et trouver un équilibre entre l'entretien préventif et les coûts liés aux temps d'arrêt et aux réparations. Les temps d'arrêt représentent les coûts directs liés à un entretien inadéquat et sont habituellement bien contrôlés et gérés. Les coûts accessoires de l'entretien ont une incidence sur l'efficacité globale d'un procédé et sur la quantité d'énergie requise. Ceci ne signifie pas que l'entretien est négligé ou n'est pas conforme aux recommandations du fabricant, mais plutôt qu'il affecte le rendement du matériel et de l'installation.

Par exemple, lorsqu'on utilise un compresseur d'air dont le filtre a été prématurément obstrué (c.-à-d. avant que le programme d'entretien ne recommande le remplacement), on diminue la pression d'admission. Pour chaque diminution de 1 p. 100, on observera une baisse du rendement des activités de 1 p. 100.

Un bon entretien des filtres peut également éviter une obstruction excessive des entrées d'air, qui peut entraîner une surconsommation de mazout et un bris prématuré du turbocompresseur. Dans la mesure du possible, on doit procéder à l'entretien dans les périodes où les coûts de l'énergie sont élevés et faire fonctionner les systèmes normalement lorsque les coûts sont bas. Le chapitre 5 renferme des recommandations précises relativement au matériel.

La capacité du matériel neuf ou de remplacement est un facteur important qui est souvent négligé. Dans les années 70, il n'était pas rare de concevoir et de construire du matériel d'une capacité qui pouvait répondre à une augmentation considérable de la production ou des niveaux de charge. Dans de nombreux cas, le marché ou les besoins n'ont jamais augmenté, et le matériel a toujours été utilisé à charge partielle, ce qui est habituellement moins efficace que le fonctionnement à la capacité nominale. Le fait de bien comprendre les procédés de l'entreprise et les besoins en matière de charge – ainsi que la mesure et le suivi des charges – permet, en bout de ligne, d'opter pour un appareil de remplacement d'une capacité adéquate sans se rabattre sur l'équipement déjà en place.

Pour économiser l'énergie, on devrait arrêter la plupart des appareils lorsqu'ils ne sont pas utilisés; cette mesure est connue et documentée. Elle est toutefois souvent négligée ou oubliée. Dans la mesure du possible, on devrait doter le matériel de systèmes de réglage automatique ou de verrouillage pour contrôler les cycles d'utilisation. Afin de réduire les coûts de l'électricité, il est recommandé de faire fonctionner le matériel au cours des heures creuses afin d'éviter les frais additionnels liés à la demande.

La lubrification inadéquate peut affecter la consommation d'énergie de toute installation industrielle. L'utilisation de lubrifiants synthétiques dans les galets, les moteurs, les boîtes de vitesse et les réducteurs permet de réduire la friction ainsi que les coûts de main-d'œuvre et d'entretien connexes. Les lubrifiants synthétiques conservent mieux leur viscosité à des températures extrêmes, ont de meilleures propriétés lubrifiantes, résistent mieux à l'oxydation et durent plus longtemps que ceux à base de produits pétroliers. En réalité, l'utilisation de certains lubrifiants de qualité supérieure permet parfois d'espacer considérablement les séances de lubrification. Selon une étude récente sur des techniques d'économie d'énergie,

l'utilisation de lubrifiants synthétiques permet de réduire la consommation d'énergie de 10 à 20 p. 100[1] (en raison des pertes de friction associées aux lubrifiants à base de pétrole de faible qualité). Le coût plus élevé de ces lubrifiants est compensé par leur plus longue durée de vie.

Avant de changer de type de lubrifiant ou d'espacer les séances de lubrification, il est nécessaire de consulter les fabricants afin de s'assurer que le matériel est compatible avec la conception et l'équipement utilisés. Par ailleurs, il faut veiller à ce que les lubrifiants ne soient pas exposés à l'humidité ou à des contaminants lorsqu'ils sont manipulés.

[1] Association des brasseurs du Canada, Ressources naturelles Canada et Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne (PEEIC). *Possibilités d'amélioration du rendement énergétique dans l'industrie brassicole canadienne*. Ottawa, 1998. Disponible gratuitement auprès de l'Office de l'efficacité énergétique de Ressources naturelles Canada; télécopieur : (613) 947-4121.

MESURES D'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE
5.0

5.1 INTRODUCTION

Nous présentons dans le présent chapitre des mesures d'efficacité énergétique visant divers procédés ou appareils de l'industrie de la chaux. Les tableaux donnés à la fin de chaque section présentent les périodes de récupération prévues pour les mesures recommandées. Ces périodes de récupération représentent les coûts totaux d'une mesure divisés par les économies annuelles en énergie. L'exemple de tableau ci-après décrit les données types présentées.

Exemple de tableau

MESURES	TYPE D'INVESTISSEMENT	PÉRIODE DE RÉCUPÉRATION	COMMENTAIRES
Investissement faible ou nul	Ressources, formation ou procédure	De 0 à 6 mois	Selon le cas
Possibilités d'améliorations	Capitaux	De 6 mois à 3 ans	Selon le cas
Améliorations d'envergure	Capitaux	Plus de 3 ans	Selon le cas

Nous avons essayé de présenter les mesures et les technologies générales avant les éléments particuliers, car un grand nombre de mesures générales s'appliquent à plusieurs domaines différents. Dans le cas des moteurs électriques par exemple, les premières mesures recommandées dans la section générale s'appliquent à presque tous les appareils dotés d'un moteur, comme les convoyeurs, les compresseurs d'air et les concasseurs.

Le terme « chaque élément » indique que la période de récupération donnée s'applique à chacune des mesures présentées dans la section et qu'il n'est pas nécessaire de mettre en œuvre toutes les mesures pour obtenir les résultats escomptés.

5.2 MESURES GÉNÉRALES

Le tableau ci-dessous renferme la période de récupération des mesures d'efficacité énergétique d'ordre général présentées dans la première partie du guide. Afin de faciliter la consultation, nous avons précisé la section correspondante dans la colonne « Commentaires ».

MESURES	TYPE D'INVESTISSEMENT	PÉRIODE DE RÉCUPÉRATION	COMMENTAIRES
Correction du facteur de puissance	Ressources, formation, capitaux	De 6 mois à 3 ans	Section 3.2
Transformateurs éconergétiques	Capitaux	De 6 mois à 3 ans	Section 3.2
Mise hors tension des transformateurs lorsqu'ils ne sont pas utilisés	Ressources	De 0 à 6 mois	Section 3.2
Chauffe-eau à meilleur rendement	Capitaux ou location	De 6 mois à 3 ans	Section 3.4
Suivi et gestion des résultats	Capitaux	De 6 mois à 3 ans	Section 4.1
Comptabilisation de la consommation d'énergie	Ressources	De 0 à 6 mois	Section 4.2
Sensibilisation des employés	Formation	De 0 à 6 mois	Section 4.3
Entretien des installations	Ressources	De 0 à 6 mois	Section 4.4
Capacité adéquate du matériel	Ressources	De 0 à 6 mois	Section 4.4

TABLEAU 3.
Mesures générales

5.3 ÉCLAIRAGE

La plupart des installations de chaux n'accordent pas une priorité élevée à l'éclairage. Certaines mesures relativement simples et peu coûteuses peuvent toutefois permettre de réduire la consommation d'électricité. Lorsqu'une entreprise entreprend des travaux d'amélioration ou de réfection, il est recommandé qu'elle vérifie chaque aire éclairée pour déterminer si la puissance et le nombre d'appareils d'éclairage sont adéquats pour le type de lampe donné. Si le niveau d'éclairement est trop élevé, il suffit de réduire le nombre d'appareils d'éclairage dans l'aire concernée.

Il est essentiel de contrôler l'éclairage afin de s'assurer que les lumières ne sont utilisées qu'au besoin. Ceci peut se faire manuellement, à l'aide de cellules photoélectriques ou à l'aide de minuteries. Le contrôle manuel est une mesure qui demande peu d'investissement mais c'est aussi le moyen le moins apte à produire des économies d'énergie et probablement le moins efficace. Le fait de charger une personne d'allumer et d'éteindre les lumières (par exemple un employé effectuant ses rondes) constitue un moyen de réduire l'utilisation superflue des appareils d'éclairage au cours de la journée. Un bon programme de formation des employés peut s'avérer utile pour mettre cette mesure en œuvre.

L'installation de cellules photoélectriques pour contrôler le temps d'éclairage est une pratique bien répandue qui permet de réaliser des économies intéressantes, surtout lorsque les cellules sont dotées d'un système prioritaire pour les heures hors travail. Toutefois, lorsque les cellules ne peuvent pas capter la lumière du soleil (en raison de poussières, de saletés, de contaminants en suspension dans l'air ou d'endroits ombragés), les lumières peuvent demeurer constamment allumées; il faut donc vérifier régulièrement les cellules.

Les minuteries avec commande manuelle prioritaire constituent le moyen le plus efficace de contrôler l'éclairage. Elles peuvent être programmées de façon à allumer ou à éteindre les lumières à différents moments au besoin. Cette mesure est plus coûteuse, car elle nécessite l'installation de circuits d'éclairage dans chaque bâtiment ou aire de terrain concerné. Cependant, l'installation de minuteries devrait être intégrée systématiquement à chaque projet de construction ou d'agrandissement des installations.

Il est recommandé de choisir les appareils d'éclairage les plus éconergétiques vendus sur le marché. Lorsque les plafonds sont bas, il est préférable d'utiliser des fluorescents plutôt que des lampes à incandescence. Pour l'éclairage extérieur, les lampes à vapeur de sodium à faible consommation d'énergie sont particulièrement indiquées. Le rendu des couleurs ne revêt habituellement pas d'importance dans la plupart des aires d'installations de chaux.

Il faut éviter le plus possible l'utilisation des lampes et des génératrices portatives. Ces dernières ne transforment en électricité que 30 p. 100 de l'énergie du combustible; le reste du combustible est rejeté par le système de refroidissement du moteur.

MESURES GLOBALES

- Utiliser les lumières uniquement au besoin et non par habitude. Encourager les employés à éteindre les lumières lorsqu'ils n'en ont pas besoin.
- Utiliser des détecteurs de mouvement dans les bureaux et les endroits non occupés en permanence par les employés.
- Installer des minuteries plutôt que des cellules photoélectriques pour l'éclairage à l'extérieur et dans les bâtiments où se fait le traitement de la chaux.
- S'assurer que les appareils d'éclairage extérieur sont les plus éconergétiques sur le marché.

PROJETS D'INVESTISSEMENT

- Remplacer les lampes à incandescence et les lampes fluorescentes en place par un éclairage fluorescent à haut rendement.
- Utiliser des ballasts magnétiques à haut rendement (plutôt que des ballasts électroniques) pour les lampes fluorescentes peu utilisées et des ballasts électroniques pour celles allumées pendant de longues périodes de temps.

- Remplacer les lampes à l'extérieur par des lampes à vapeur de sodium.
- Dans les bâtiments où les plafonds sont hauts, remplacer les lampes fluorescentes en place par des lampes à vapeur de sodium ou aux halogénures.
- Installer des systèmes de minuterie au besoin.

MESURES	TYPE D'INVESTISSEMENT	PÉRIODE DE RÉCUPÉRATION
Mesures globales (chaque élément)	Ressources	De 0 à 6 mois
Projets d'investissement (chaque élément)	Capitaux	De 6 mois à 3 ans

5.4 CHAUFFAGE DES BÂTIMENTS

Les besoins en chauffage des installations de transformation de la chaux sont faibles; par conséquent, les possibilités de réduction de la consommation d'énergie sont limitées. Les mesures décrites ci-dessous permettront de récupérer environ de 10 à 15 p. 100 des coûts totaux de chauffage des bâtiments.

La plupart des bureaux sont chauffés par des systèmes électriques ou des générateurs d'air pulsé au gaz, au mazout ou au propane. Il peut s'avérer avantageux du point de vue financier de délaisser le système électrique au profit d'un système à gaz, au mazout ou au propane, selon les types de combustibles offerts dans chaque région et selon leur prix. Au moment de remplacer un appareil ou d'acheter un générateur d'air chaud neuf, il est recommandé d'opter pour un appareil à rendement moyen ou élevé doté de commandes automatisées programmables. Comme à la maison, il faut s'assurer que les fenêtres et les portes ne sont pas laissées ouvertes pendant de longues périodes de temps et que les coupe-bise et le calfeutrage sont en bon état.

Il est préférable de privilégier les dispositifs de chauffage par infrarouge à faible intensité dotés de tubes pour les ateliers et les aires de réparation. Ces appareils sont plus éconergétiques que les appareils ordinaires et seront moins affectés par les conditions difficiles. En outre, ils sont plus durables que les appareils de chauffage par infrarouge à haute intensité, lesquels rejettent dans l'atmosphère l'eau provenant des produits de combustion. Les nouveaux modèles de thermostats d'ambiance et à capteurs d'énergie radiante permettent d'éviter le surchauffage et assurent la remise de la température au point de consigne lorsque les pièces ne sont pas occupées, ce qui se traduit par des gains d'efficacité énergétique pouvant atteindre 15 p. 100.

MESURES LIÉES AUX ACTIVITÉS

- Dans la mesure du possible, chauffer uniquement les aires d'entreposage de matériel sensible.
- Installer et utiliser des thermostats programmables.
- Remplacer les coupe-bise et le calfeutrage dans toutes les aires chauffées.
- Mettre la ventilation hors tension au cours des périodes creuses.

PROJETS D'INVESTISSEMENT

- Installer des générateurs d'air chaud à haut rendement.
- Étanchéiser l'enveloppe du bâtiment afin de réduire au minimum l'infiltration d'air dans les ateliers d'entretien et les bureaux.
- Utiliser des appareils de chauffage par infrarouge à faible intensité avec des thermostats à capteurs d'énergie radiante dans les ateliers.
- Opter pour une source d'énergie moins coûteuse.
- Installer des dispositifs de fermeture automatique des portes dans les endroits très achalandés.

MESURES	TYPE D'INVESTISSEMENT	PÉRIODE DE RÉCUPÉRATION
Remplacement du générateur d'air chaud par un modèle à haut rendement	Capitaux	Plus de 3 ans
Utilisation d'appareils de chauffage par infrarouge à faible intensité	Capitaux	Plus de 3 ans
Remplacement à la fin de la vie utile	Entretien	De 0 à 6 mois
Utilisation de thermostats avec les appareils de chauffage par infrarouge	Capitaux	De 0 à 6 mois

5.5 COMPRESSEURS D'AIR

Dans l'industrie de la chaux, l'air comprimé est utilisé pour les systèmes de commande, le nettoyage et la fluidisation des fines. On néglige souvent la consommation ou les pertes d'air comprimé. La production d'air comprimé est essentiellement un procédé peu éconergétique, car environ 85 p. 100 de l'énergie consommée par le compresseur est directement convertie en chaleur.

Les entreprises n'accordent pas une priorité élevée à l'utilisation d'un compresseur d'air et à la charge requise, mais des gains importants peuvent être réalisés en remplaçant le matériel en place et en modifiant les pratiques d'entretien et d'exploitation. La plupart des nouveaux modèles de compresseurs intègrent des caractéristiques et des commandes éconergétiques à la conception initiale ou au système.

ENTRETIEN/CONCEPTION

- Remplacer les filtres lorsqu'il y a baisse de pression.
- Acheminer jusqu'à l'extérieur la canalisation d'admission d'air frais afin d'obtenir l'air le plus frais possible.
- Assurer un bon refroidissement des pompes des compresseurs.
- Trouver et éliminer les fuites d'air comprimé.
- Éliminer les tuyaux non utilisés dans le système de canalisation.
- Faire fonctionner le système à la pression la plus basse possible.
- Évacuer l'air de refroidissement à l'extérieur en été et dans le bâtiment en hiver afin de récupérer la chaleur.
- Élaborer et mettre en œuvre des procédures afin de déceler et de réparer les fuites d'air.

MESURES LIÉES AUX ACTIVITÉS

- Dans la mesure du possible, utiliser l'air en fonction des besoins réels et non selon un horaire prédéterminé.
- Mettre hors tension tout le matériel consommant de l'air et les compresseurs lorsqu'ils ne sont pas utilisés.
- Examiner les applications et apporter des changements afin d'assurer une utilisation judicieuse de l'air comprimé.
- Éliminer les appareils pneumatiques qui évacuent de l'air.

PROJETS D'INVESTISSEMENT

Il est habituellement recommandé de remplacer les vieux compresseurs à faible rendement par des modèles neufs éconergétiques. Les paramètres d'exploitation de ces appareils ont été améliorés grâce aux entraînements à vitesse variable et aux techniques d'exploitation à pleine charge et à vide. La plupart des fabricants offrent des produits à rendement ordinaire et à haut rendement. On trouve également sur le marché des systèmes à grande puissance qui assurent un fonctionnement optimal dans les conditions les moins favorables.

Dans l'ensemble, le système doit répondre aux besoins particuliers de l'installation. Les systèmes de filtration sous-dimensionnés ainsi que les collecteurs et les systèmes de distribution mal conçus peuvent causer des baisses de pression, lesquelles diminuent le rendement.

PROJETS D'INVESTISSEMENT

- Envisager de doter les compresseurs en place d'entraînements et d'appareils électroniques à vitesse variable.

MESURES	TYPE D'INVESTISSEMENT	PÉRIODE DE RÉCUPÉRATION	COMMENTAIRES
Entretien/conception (chaque élément)	Ressources	De 0 à 6 mois	—
Synchronisation et utilisation (chaque élément)	Ressources	De 0 à 6 mois	—
Remplacement par du matériel à rendement ordinaire	Capitaux	Plus de 3 ans	Période de récupération moins longue s'il y a récupération de chaleur
Remplacement par des appareils à haut rendement	Capitaux	Plus de 3 ans	Période de récupération moins longue s'il y a récupération de chaleur
Utilisation d'entraînements à vitesse variable	Capitaux	Plus de 3 ans	Varie considérablement selon la charge

5.6 MOTEURS ÉLECTRIQUES

Il est recommandé d'adopter des directives concernant l'achat du matériel afin d'assurer l'acquisition de moteurs à haut rendement. Cette pratique est actuellement en place dans la plupart des installations et appliquée quand des moteurs doivent être remplacés. Un programme d'entretien et de modernisation devrait prévoir le remplacement des moteurs en place depuis longtemps, même si ces derniers ne montrent pas encore des signes de défaillance.

Les normes pour les moteurs à haut rendement exigent un rendement d'environ 80 p. 100 pour les petits moteurs et d'approximativement 95 p. 100 pour les gros moteurs (de plus de 500 hp). En règle générale, il est recommandé d'acheter des moteurs d'un rendement d'au moins 90 p. 100.

Toutefois, le rendement n'a plus d'importance si un moteur fonctionne à moins de 75 p. 100 de sa capacité nominale. L'utilisation d'un moteur trop puissant nuit aux efforts d'amélioration de l'efficacité énergétique. Par conséquent, au moment de remplacer les moteurs, il faut s'assurer que les spécifications de l'appareil répondent aux besoins (et offrent un facteur de sécurité raisonnable) plutôt que de se fier à la capacité nominale de l'ancien moteur.

Cette mesure s'applique aux moteurs de tous les appareils d'une installation qui sont utilisés régulièrement, notamment les pompes, les ventilateurs et les entraînements.

On peut obtenir de l'information utile sur le rendement et la conception des moteurs en consultant le site Internet de la Copper Development Association à l'adresse www.copper.org.

Les systèmes d'entraînement de moteur n'ont pas, de par leur nature, un rendement élevé en raison des pertes dues à la friction. Les courroies en V ordinaires ont tendance à s'étirer, glisser, se plier et se comprimer, ce qui réduit le rendement. Une courroie bien entretenue aura un rendement d'environ 92 p. 100. On peut accroître ce

rendement d'environ 2 p. 100 en utilisant des courroies dentées et jusqu'à 6 p. 100 avec des courroies à couple élevé. Les courroies dentées requièrent moins d'entretien et ont une durée de vie plus longue.

MESURES	TYPE D'INVESTISSEMENT	PÉRIODE DE RÉCUPÉRATION	COMMENTAIRES
Moteurs à haut rendement	Capitaux	De 6 mois à 3 ans	Habituellement aux alentours de 6 mois
Amélioration des courroies	Capitaux	De 6 mois à 3 ans	—

5.7 ENTRAÎNEMENTS À VITESSE VARIABLE

Il est essentiel d'adopter une mesure de contrôle lorsqu'on doit modifier la charge ou la capacité de production d'un procédé. Il y a deux façons principales de contrôler la capacité de production : le contrôle du débit et le contrôle de la vitesse.

Un dispositif de régulation fonctionne habituellement à vitesse constante, mais varie le rendement en « étranglant » le débit à l'aide de registres d'aspiration et de sortie, de soupapes d'aspiration ou de sortie, ou de dispositifs de dérivation du flux. Un système de registres ou de soupapes entraîne habituellement des coûts de base moins élevés; toutefois, à charge partielle, il permet de réduire très peu, voire pas du tout, la consommation d'énergie. Un système de dérivation refoule une portion du débit à l'orifice d'aspiration de la pompe, diminuant ainsi la puissance utilisable d'un ventilateur ou d'une pompe.

On peut également régler le débit d'un processus en variant la vitesse d'une activité à l'aide d'un système de poulies à diamètres variables. Cette mesure permettra également d'économiser de l'énergie, mais peut nuire au facteur de puissance de l'installation en raison de la réduction de la charge des moteurs. Il est essentiel d'assurer qu'un changement de vitesse n'affectera pas le rendement du matériel d'entraînement, c'est-à-dire qu'un ventilateur puisse fonctionner au ralenti sans que son rendement n'en soit affecté.

Un entraînement à vitesse variable permet, selon les besoins du système ou de charge, de modifier la vitesse d'un moteur en changeant la tension ou la fréquence de l'alimentation en électricité. Un système bien conçu et régulé fournira une grande échelle de vitesses de l'arbre du moteur et offrira une efficacité énergétique considérable à basse vitesse ou à charge partielle.

La quantité d'énergie économisée grâce à l'utilisation d'entraînements à vitesse variable est déterminée par l'application. Les économies sont fonction des heures d'utilisation d'un système à charge partielle et du facteur de charge réel. Le tableau 4 compare la consommation d'électricité d'un ventilateur centrifuge d'air de combustion (50 hp nominaux, soit approximativement 37 kW) avec registres d'aspiration et celle d'un entraînement à vitesse variable. Plus la vitesse ou la puissance varie pour une charge, plus les économies réalisées seront grandes.

TABLEAU 4.
Économies réalisées grâce aux entraînements à vitesse variable

HEURES D'UTILISATION[1]	POURCENTAGE DE LA PUISSANCE À PLEINE CHARGE	CHARGE DU MOTEUR (KW) AVEC REGISTRE D'ASPIRATION	CHARGE DU MOTEUR (KW) AVEC ENTRAÎNEMENT À VITESSE VARIABLE	ÉCONOMIES (KW)	ÉCONOMIES (KWH)
1 000	100	37	37	0	0
1 000	105	40	30	10	10 000
1 000	95	35	20	15	15 000
1 000	90	33	10	23	23 000

Source : Wayne C. Turner. *Energy Management Handbook* (troisième édition). Fairmont Press, Lilburn, Georgia, 1997, ISBN 0-13-728098-X.

1) Pondérées en valeurs équivalentes de 1 000 aux fins de comparaison des économies.

5.8 VÉHICULES

Le carburant diesel utilisé par les véhicules de la carrière représente un petit pourcentage de la consommation totale de carburant au sein de l'industrie de la chaux. La gestion de la consommation par véhicule peut permettre de déterminer le rendement des véhicules et aider à évaluer leur incidence. Cette information peut ensuite être répartie selon le modèle du véhicule, l'année du modèle, l'utilisation ou l'entretien. La plupart des recommandations s'appliquent aux véhicules de petits parcs et concernent principalement le choix d'un véhicule approprié pour l'utilisation souhaitée.

Il est important de réduire le plus possible le temps de marche au ralenti des véhicules. Au ralenti, un moteur diesel ordinaire de véhicule routier consomme en moyenne 2,5 litres de carburant par heure. En réduisant la marche au ralenti d'une demi-heure par jour pendant une année moyenne de travail, une entreprise économise approximativement 375 litres de carburant. Le conseil municipal de Toronto a adopté un règlement limitant la marche au ralenti à un maximum de trois minutes au cours d'une période de 60 minutes donnée afin de réduire les répercussions sur l'environnement du fonctionnement inutile des véhicules. On a déterminé qu'il est plus économique d'arrêter un véhicule et de le repartir que de le laisser fonctionner au ralenti pendant plus de trois minutes.

Certaines installations ont également amélioré leur efficacité énergétique en procédant au concassage-débitage sur place de la roche calcaire. Il s'avère plus éconergétique de concasser et de débiter la roche sur place et de la transporter ensuite par convoyeur que de l'acheminer par camion au concasseur de l'installation de transformation. Les gains peuvent varier selon les installations.

L'entretien du filtre à air et les gains connexes en efficacité énergétique mentionnés à la section 4.4 sur l'entretien des installations s'appliquent à tous les véhicules utilisés dans une carrière.

MESURES LIÉES AUX ACTIVITÉS

- Consigner la consommation de carburant des véhicules (les ordinateurs de bord des modèles récents offrent cette possibilité).
- Dans la mesure du possible, utiliser les véhicules à bon rendement pour les tâches de longue durée et les véhicules à rendement ordinaire pour les tâches de moindre durée (choisir les véhicules en fonction du travail à accomplir).
- Éviter de faire fonctionner les véhicules au ralenti pendant plus de trois minutes.
- Réduire les déversements au cours du remplissage et remplir les réservoirs uniquement à 95 p. 100 afin de prévoir l'expansion des gaz.
- Faire fonctionner les véhicules de la façon la plus éconergétique; ajuster au besoin le régulateur.
- Utiliser des huiles synthétiques, selon le cas.
- Procéder à l'entretien des filtres à air (pour chaque trauche de 1 p. 100 de diminution de la pression d'admission, on observera une baisse du rendement des activités de 1 p. 100).

PROJETS D'INVESTISSEMENT

- Dans la mesure du possible, utiliser un petit nombre de véhicules à grande capacité plutôt qu'un grand nombre de véhicules à petite capacité; évaluer les besoins et choisir le véhicule approprié pour chaque tâche.
- Lors du remplacement des véhicules, opter pour des modèles à haut rendement.
- Évaluer les possibilités de concasser et de débiter la roche sur place puis de la transporter par convoyeur plutôt que de l'acheminer par camion au concasseur.

MESURES	TYPE D'INVESTISSEMENT	PÉRIODE DE RÉCUPÉRATION	COMMENTAIRES
Entretien adéquat	Ressources	De 0 à 6 mois	—
Activités	Ressources ou formation	De 0 à 6 mois	—
Remplacement des vieux véhicules	Capitaux	Plus de 3 ans	Hausse de la productivité
Remplacement des véhicules en place par des modèles à haut rendement	Capitaux	Plus de 3 ans	—

5.9 POMPES

Même si le fluide (gaz, mazout, eau et autres) pompé peut être d'une quantité totale minime et confiné à quelques petites aires, les installations et les carrières ont tout de même la possibilité de tirer profit d'un accroissement des économies d'énergie en modifiant les procédés ou les activités.

Les pompes sont principalement utilisées pour assécher le fond des carrières où s'accumule de l'eau provenant de précipitations ou d'infiltrations. Il est possible d'empêcher l'eau de surface, ou de ruissellement, de s'infiltrer dans la carrière en modifiant le nivellement et les tranchées au-dessus de la carrière. En s'assurant que l'eau ne s'écoule pas naturellement vers la carrière ou ne s'exfiltre pas des tranchées ou des bassins, une entreprise peut réduire les mouvements d'eau, ce qui baisse la charge et la durée d'utilisation des pompes d'assèchement.

L'optimisation des aires de collecte d'eau dans la carrière permettra d'utiliser un petit nombre de pompes de grande capacité plutôt qu'un grand nombre de pompes de faible capacité, ce qui améliorera le rendement global des pompes. Une grande aire de collecte d'eau permettra également de procéder au pompage par intermittence limité aux périodes creuses. Ces pompes devraient être contrôlées à l'aide de minuteries (réglées pour les périodes creuses), dotées d'indicateurs de niveau prioritaires afin d'assurer que les niveaux maximum et minimum ne soient pas dépassés au cours des heures de fonctionnement.

Les nouveaux modèles de pompes à haut rendement dotées d'aubes et de roulements, qui sont conçues pour utiliser moins d'énergie à un débit donné, peuvent servir pour les applications nécessitant un pompage continu ou à charge élevée (notamment les pompes de lubrification, hydrauliques, et d'alimentation en combustible). Par contre, les pompes d'assèchement à haut rendement s'avèrent bénéfiques uniquement si elles fonctionnent la plupart du temps (cycle industriel).

Les recommandations de la section précédente portant sur les moteurs à haut rendement et les moteurs à fréquence s'appliquent également à tous les types de pompes et de ventilateurs.

MESURES LIÉES AUX ACTIVITÉS

- Réduire l'écoulement d'eau dans la carrière.
- Optimiser les aires de collecte d'eau pour permettre l'accumulation ou le stockage et utiliser les pompes aux heures creuses.
- Effectuer l'assèchement au cours des heures creuses plutôt qu'en fonction du niveau d'eau.
- Limiter le plus possible le contrôle du débit secondaire dans toutes les pompes.

PROJETS D'INVESTISSEMENT

- Moteurs à haut rendement
- Regroupement des pompes
- Pompes à haut rendement et à capacité élevée
- Pompes à haut rendement et à faible capacité

MESURES	TYPE D'INVESTISSEMENT	PÉRIODE DE RÉCUPÉRATION	COMMENTAIRES
Mesures liées aux activités (chaque élément)	Ressources	De 0 à 6 mois	—
Optimisation de l'assèchement	Ressources	De 0 à 6 mois	—
Projets d'investissement (chaque élément)	Capitaux	De 6 mois à 3 ans	À l'exception des pompes à faible capacité
Pompes à haut rendement (faible capacité)	Capitaux	Plus de 3 ans	—

5.10 VENTILATEURS

Dans le processus de calcination, un grand nombre de ventilateurs sont utilisés pour différentes activités, notamment pour acheminer l'air de combustion, fournir un tirage, transporter le combustible ou accroître sa vitesse d'alimentation, refroidir le produit, diluer les gaz d'échappement et faire recirculer les gaz d'échappement. La plupart des ventilateurs fonctionnent pendant de longues périodes de temps et sont mis hors tension uniquement lorsque le four est arrêté et refroidi.

Les nouveaux modèles d'aubes conviennent très bien aux ventilateurs à forte charge et à capacité élevée. En effet, ces aubes permettent de réduire la consommation d'électricité et de réaliser des économies d'environ 6 000 $ par an par 100 hp de puissance. Elles s'avèrent également une façon rentable d'accroître la capacité du ventilateur. Un programme d'entretien régulier des ventilateurs permettra de déceler toute usure ou tout problème afin d'éviter des dommages ou des pertes d'énergie à long terme.

Les ventilateurs à aubes inclinées ou couchées vers l'arrière semblent offrir des avantages similaires aux ventilateurs à aubes profilées; toutefois, leur coût initial est moins élevé et ils sont plus adéquats lorsque les gaz de combustion sont chargés de poussière. Tous ces modèles ont un meilleur rendement que les appareils à aubes droites.

Il faut limiter le plus possible la quantité de contaminants dans les flux d'air expulsés afin de diminuer les pertes de rendement et le déséquilibrage des ventilateurs causés par l'accumulation de résidus. Cette mesure diminuera également les besoins d'entretien et les risques de bris prématuré.

La diminution des besoins en air de dilution, selon les diverses applications, permettra de baisser la consommation d'énergie du ventilateur concerné. Par exemple, plutôt que de diluer l'air chaud pour le ramener à une température acceptable, on peut utiliser l'air du milieu du refroidisseur pour le broyage du combustible ou d'autres activités. La section 7.0 sur les fours et les mesures liées aux fours renferme un autre exemple d'une méthode permettant de réduire les charges des ventilateurs d'air de dilution en faisant appel au refroidissement par évaporation dans l'échappement du four.

MESURES LIÉES AUX ACTIVITÉS

- Décaler la mise en marche des ventilateurs au cours du démarrage du système afin d'éviter l'établissement d'une nouvelle charge élevée et les frais liés à la demande.
- Tirer parti des possibilités d'analyser les besoins réels de charge et de choisir les ventilateurs et les moteurs en conséquence.
- Éviter le plus possible les étranglements.
- Vérifier régulièrement l'état des ventilateurs (pression statique, vitesse de rotation, lubrification, roulements, bâti, réglage de l'entraînement) et apporter les correctifs nécessaires.
- Régler régulièrement les registres et les nettoyer au besoin.
- Nettoyer les conduits et retirer les accumulations (surtout dans les conduits utilisés pour la recirculation des gaz d'échappement).
- Réduire au minimum l'air de dilution.

PROJETS D'INVESTISSEMENT

- Remettre à neuf les moteurs en place ou les remplacer par des appareils à haut rendement.
- Utiliser des entraînements à vitesse variable.
- Installer des aubes à haut rendement.
- Améliorer la commande des ventilateurs et diminuer la charge des ventilateurs en éliminant les fuites d'air dans les fours.
- Diminuer au minimum les besoins en air de dilution en remplaçant le matériel.

MESURES	TYPE D'INVESTISSEMENT	PÉRIODE DE RÉCUPÉRATION	COMMENTAIRES
Mesures liées aux activités (chaque élément)	Ressources, formation, procédure	De 0 à 6 mois	—
Projets d'investissement (chaque élément)	Capitaux	De 6 mois à 3 ans	À l'exception du remplacement du matériel
Remplacement du matériel pour diminuer la dilution de l'air	Capitaux	Plus de 3 ans	—

MESURES SPÉCIFIQUES À L'INDUSTRIE DE LA CHAUX
6.0

6.1 ENCHAÎNEMENT DES ACTIVITÉS, MANUTENTION ET QUALITÉ DU PRODUIT

Une manutention excessive du produit pose deux problèmes fondamentaux : une hausse de la consommation d'énergie et une perte de qualité liée à l'augmentation de la quantité de fines.

L'utilisation moins fréquente des moteurs servant à monter et à transporter la roche calcaire et la chaux permet de réaliser des économies d'énergie. Si un système de contournement est requis en raison de vitesses d'alimentation différentes, il est recommandé d'examiner les possibilités d'utiliser un entraînement à vitesse variable sur l'un des mécanismes. Dans la mesure du possible, il faut manipuler ou déplacer le produit le moins possible.

En ce qui a trait à la manutention, la détermination du poids exact du produit favorise la prise de décisions judicieuses en matière de gestion. Cette mesure n'est pas directement liée à l'efficacité énergétique, mais peut aider l'opérateur à comprendre ou à comparer les réglages des procédés. Prenons, par exemple, deux fours identiques dont la consommation de combustible et l'alimentation en roche sont les mêmes, mais qui ne semblent pas produire la même quantité de chaux. Ceci peut indiquer qu'un des fours est plus efficace que l'autre, et donner lieu à une décision inadéquate.

La mise en œuvre d'un système de contrôle de la qualité reconnu, comme un programme fondé sur les normes ISO 14000 (ou l'équivalent), fournit les outils pour comprendre, documenter et quantifier les questions liées à la qualité. Le coût de la gestion de la qualité à l'aide d'un système de contrôle de la qualité peut être récupéré plutôt que d'être considéré comme la rançon des affaires. En outre, les projets d'efficacité énergétique recevront davantage l'appui de la haute direction si cette dernière reconnaît déjà la valeur intrinsèque d'un système de contrôle de la qualité.

Ces systèmes permettent également de compenser certains coûts associés aux processus de détermination et de quantification des projets. L'implantation d'un tel système aide à détecter les lacunes ou les inexactitudes dans les procédures ou les processus en place. Mentionnons, comme exemple, les économies d'énergie directes que permet de réaliser une procédure d'étalonnage des capteurs qui est documentée et qui peut être répétée. Dans les entreprises qui n'ont pas encore mis en œuvre un système de contrôle de la qualité, il n'est pas inhabituel que deux personnes procèdent à l'étalonnage du même capteur de deux manières différentes et que, par conséquent, le processus fonctionne à deux niveaux ou rendements légèrements différents.

La qualité du produit peut être mesurée de plusieurs façons en fonction de la perte de masse après la calcination, qui peut être déterminée ou quantifiée par un test de perte par calcination ou une analyse de CO_2. Ce test consiste à peser, à chauffer et à peser de nouveau un échantillon donné de chaux. La différence du poids avant et après la calcination est un indicateur de la quantité de chaux encore présente dans le produit. La différence maximale permise varie selon les besoins des utilisateurs finaux, mais elle est habituellement d'environ 3 p. 100.

Il a été démontré que la roche calcaire partiellement calcinée et refroidie ne peut être traitée de nouveau pour récupérer la chaux restante. Les normes de qualité ne peuvent alors être atteintes et le produit est rejeté.

Uniquement aux fins d'exemple, supposons que 1 p. 100 de la production totale est rejetée parce qu'elle ne répond pas aux exigences du test de perte par calcination, que la perte par calcination des rejets s'élève à environ 15 p. 100 et que le rendement du four est de 6,6 GJ/t.[1] Les pertes d'un four ayant une production de 102 000 tonnes brutes[1] s'élèveraient à environ 5 700 GJ d'énergie au brûleur par an. Si le coût moyen du gaz à la pointe du brûleur est de 3,03 $/GJ[1], le coût de la perte d'énergie du four serait d'environ 17 000 $.

À mesure que la valeur de la perte par calcination se rapproche des normes acceptées, la perte d'énergie augmente parce que la roche absorbe davantage d'énergie pour atteindre une teneur élevée en chaux.

On ajoute à ce coût celui de l'énergie requise au cours de la préparation de la roche calcaire et les coûts liés à la perte de revenu, car le produit ne peut être vendu.

MESURES ET PROCÉDURES LIÉES AUX ACTIVITÉS

- Dans la mesure du possible, maintenir l'exploitation au niveau de production maximal et réduire au minimum les activités transitoires, éliminant ainsi les pertes liées à la mise en marche et à l'arrêt.
- Limiter le plus possible une manutention excessive ou les activités de « contournement » en apportant des changements au procédé ou en ayant recours à des entraînements à vitesse variable.
- Déterminer et quantifier les questions liées à la qualité du produit ou les coûts des rejets.
- Mettre en œuvre un système de gestion pour contrôler et évaluer régulièrement les pertes de produit au cours d'une certaine période de temps et établir un système d'établissement de rapports.
- Adopter des procédures et des politiques d'étalonnage pour les capteurs et les activités critiques.

[1] Groupe de travail sur les minéraux et les métaux de la Table de l'industrie. *Document de base sur les minéraux et les métaux*, mars 1999 (disponible à l'adresse www.nccp.ca/html_f/index.htm, « tables de concertation » et « Industrie »).

- Examiner les moyens de récupérer la roche calcaire encapsulée ou d'ouvrir un marché pour son utilisation; p. ex., l'industrie du ciment pourrait-elle concasser de nouveau la roche et utiliser la chaux mélangée à la roche pour une application particulière ?

PROJETS D'INVESTISSEMENT

- Utiliser le poids exact de la roche plutôt qu'une mesure estimative.
- Mettre en œuvre un vaste système de gestion de la qualité (c.-à-d. ISO 9000 ou 14000 ou l'équivalent).

MESURES	TYPE D'INVESTISSEMENT	PÉRIODE DE RÉCUPÉRATION	COMMENTAIRES
Mesures ou procédures liées aux procédés (chaque élément)	Ressources ou capitaux	De 6 mois à 3 ans	—
Évaluation des coûts des rejets	Ressources	De 6 mois à 3 ans	—
Remplacement des balances	Capitaux	De 6 mois à 3 ans	—
Mise en œuvre d'un système de contrôle de la qualité	Capitaux	Plus de 3 ans	Augmentation de la valeur commerciale

6.2 DISPOSITIFS DE MANUTENTION

La plupart des activités de manutention des installations de chaux sont effectuées à l'aide de convoyeurs à courroie et d'élévateurs. La majorité des installations se servent d'au moins une douzaine de dispositifs indépendants de petite puissance. Cela rend l'adoption d'une stratégie de contrôle globale difficile; il existe toutefois des possibilités d'amélioration de l'efficacité énergétique en plus de celles mentionnées à la section sur les moteurs (section 5.6).

L'installation d'abris au-dessus de l'aire de manutention de la chaux aide à protéger le matériau brut ainsi qu'à limiter les gains d'humidité pendant les activités de traitement. En outre, cela aide à réduire le glissement des courroies causé par la glace dans un climat froid de même que les problèmes de démarrage, permettant ainsi d'arrêter le dispositif de manutention lorsqu'il n'est pas utilisé.

MESURES LIÉES AUX ACTIVITÉS

- Entretenir les galets, les engrenages, les pignons et autres pièces afin de minimiser la friction causée par des roulements raides ou grippés.
- Utiliser des lubrifiants synthétiques, le cas échéant.
- Arrêter les systèmes lorsqu'ils ne sont pas utilisés et éviter de verrouiller les systèmes qui doivent fonctionner de façon indépendante.

PROJETS D'INVESTISSEMENT

- Acheter des moteurs à haut rendement.
- Réduire au minimum la manutention du produit.
- Faire correspondre les vitesses de traitement à l'aide d'entraînements à vitesse variable.
- Examiner la possibilité d'installer des abris au-dessus des aires de manutention de la chaux.

MESURES	TYPE D'INVESTISSEMENT	PÉRIODE DE RÉCUPÉRATION	COMMENTAIRES
Questions relatives à l'entretien (chaque élément)	Ressources	De 0 à 6 mois	—
Projets d'investissement (chaque élément)	Capitaux	De 6 mois à 3 ans	À l'exception des abris pour les convoyeurs
Installation d'abris au-dessus des convoyeurs	Capitaux	Plus de 3 ans	Selon le climat

6.3 ENTREPOSAGE DE LA ROCHE CALCAIRE

Pour la plupart des activités de traitement de la roche calcaire, il importe de maintenir la teneur en eau au minimum. Après l'abattage à l'explosif, l'eau est absorbée par la roche lorsqu'elle repose au fond de la carrière ainsi que lorsqu'elle est déplacée par convoyeur ou par camion.

L'humidité de la roche nuit au procédé de calcination de deux façons. D'abord, une plus grande quantité d'énergie est requise pour éliminer ou évaporer l'humidité de la roche avant de calciner cette dernière. On a besoin d'environ 1 500 MJ (1 400 BTU) d'énergie pour élever la température d'une livre d'eau au point d'évaporation (chaleur latente + chaleur sensible hypothétique). Cette valeur varie selon l'effet dessicatif du flux d'air sur la roche et la température initiale de l'humidité.

Ensuite, la roche calcaire peut geler en bloc pendant les mois d'hiver, rendant difficile la manutention et le retrait de la roche des bacs de stockage. Certaines installations ont recours à des dispositifs de chauffage intermittent au propane ou à des lances pour faire fondre la glace qui retient la pierre ensemble. Le matériel à vapeur fonctionnant par chauffage direct ou par contact direct a tendance à accroître de façon importante la quantité d'humidité dans l'aire de stockage et, par conséquent, accentue le problème une fois la source de chaleur retirée.

Si de l'énergie thermique résiduelle est disponible à proximité, il peut alors s'avérer plus rentable de l'utiliser plutôt que d'acheter du combustible primaire. Par exemple, l'excès d'air du refroidisseur peut être utilisé pour éviter que la roche du bac de stockage ne gèle. Il faut toutefois s'assurer que la chaleur résiduelle récupérée n'affecte pas la qualité de la roche calcaire, en augmentant l'humidité ou en introduisant des contaminants provenant des gaz de combustion.

MESURES LIÉES AUX ACTIVITÉS

- Éviter d'entreposer la roche dans les endroits affectés par les eaux souterraines.
- Entretenir le mieux possible le lit de la carrière et l'aire où la pierre abattue repose afin d'éviter toute accumulation d'eau.
- Transporter ou couvrir dès que possible la roche calcaire.

PROJETS D'INVESTISSEMENT

- Couvrir les piles de stockage de la roche calcaire.
- Utiliser l'échappement des fours ou l'excès d'air du refroidisseur, selon le cas, pour préchauffer la roche stockée.

Si le problème de l'eau et du gel perdure, il est préférable d'utiliser un dispositif de chauffage intermittent indirect plutôt que direct. Une solution possible est d'acheminer une partie des gaz d'échappement ou de l'excès d'air du refroidisseur à la trémie de stockage pour assurer un dégel continu sans chauffage additionnel. Il faut tenir compte du taux d'humidité, de la température des gaz d'échappement (afin d'éviter la condensation) et de la composition de ces derniers pour que la qualité de la roche calcaire ne soit pas affectée. Il peut s'avérer difficile de mettre en œuvre cette mesure en raison de l'emplacement des bacs de stockage par rapport à l'échappement des fours.

MESURES	TYPE D'INVESTISSEMENT	PÉRIODE DE RÉCUPÉRATION
Mesures liées aux activités (chaque élément)	Ressources	De 0 à 6 mois
Projets d'investissement (chaque élément)	Capitaux	Plus de 3 ans

6.4 CONCASSEURS ET DISTRIBUTEURS VIBRANTS

Le type et le modèle des concasseurs ont une incidence sur l'uniformité de la taille des roches et le rendement global du procédé. Selon les caractéristiques de la roche calcaire traitée, certains concasseurs produiront des roches de tailles plus uniformes. Ceci permet d'éviter un concassage non nécessaire et non contrôlé, qui entraîne une variation à la hausse de la consommation d'énergie pour obtenir un produit de qualité élevée, et une autre à la baisse pour obtenir des fines ou des poussières de pierre. L'amélioration du concassage primaire réduira les activités de concassage additionnelles, ce qui appuie l'objectif de réduction de la manutention du produit.

Le remplacement d'un concasseur est un important investissement en capital. Il peut s'avérer plus pratique sur le plan financier de remplacer l'appareil en place lorsque sa capacité ne suffit plus ou qu'il est à la fin de sa vie utile. Le choix d'un concasseur est influencé par la composition de la roche calcaire traitée ainsi que par la taille et la forme désirées du produit.

Les caractéristiques des distributeurs vibrants sont similaires à celles des moteurs, et la plupart des recommandations formulées pour les moteurs s'y appliquent aussi.

MESURES LIÉES AUX ACTIVITÉS

- Éviter de faire tourner les moteurs au ralenti pendant de longues périodes de temps.
- Remplacer les moteurs à rendement ordinaire par des modèles à haut rendement.
- S'assurer que les distributeurs vibrants sont bien installés.
- Ne pas verrouiller les distributeurs vibrants avec les convoyeurs s'ils doivent fonctionner de façon indépendante.
- Entretenir les concasseurs afin d'assurer leur bon fonctionnement et de réduire au minimum tout concassage additionnel.

PROJETS D'INVESTISSEMENT

- Remplacer les moteurs ordinaires par des modèles à haut rendement.
- Faire fonctionner les concasseurs uniquement au besoin afin de favoriser le concassage « à passage unique ».
- Éliminer les activités nécessitant plus d'une étape de manutention.
- Remplacer les concasseurs en place par des modèles à rendement plus élevé.

MESURES	TYPE D'INVESTISSEMENT	PÉRIODE DE RÉCUPÉRATION
Mesures liées aux activités	Ressources/formation	De 0 à 6 mois
Moteurs à haut rendement	Capitaux	De 0 à 6 mois
Utilisation des concasseurs uniquement au besoin	Ressources	De 6 mois à 3 ans
Élimination des activités nécessitant plus d'une étape de manutention	Capitaux	Plus de 3 ans
Concasseurs à rendement plus élevé	Capitaux	Plus de 3 ans

6.5 TRIAGE

Un meilleur triage permettra de réduire les variations dans la taille de la roche afin de favoriser une calcination uniforme, et ainsi de diminuer les pertes causées par une calcination inadéquate. Les préchauffeurs et les fours verticaux font circuler les gaz d'échappement dans des directions précises et le fait de les alimenter avec des roches de différentes tailles peut causer la formation de zones de tassement qui causeront des gradients de température.

Même si ce problème touche principalement la qualité du produit, il concerne également l'efficacité énergétique en raison des pertes liées aux produits gaspillés ou non vendables. La question du coût de la qualité est abordée à la section 6.1 (Enchaînement des activités, manutention et qualité du produit).

Avant de modifier le matériel ou les procédures de triage, il est essentiel d'examiner et de quantifier les améliorations pouvant être obtenues en apportant des changements aux activités de triage et à la taille des produits.

MESURES	TYPE D'INVESTISSEMENT	PÉRIODE DE RÉCUPÉRATION
Modification du matériel ou des procédures de triage	Capitaux	Plus de 3 ans

6.6 PRÉCHAUFFEURS

La conception et le coût d'un préchauffeur dépendent du four avec lequel il sera utilisé. Dans la plupart des cas, il n'est pas rentable de doter d'un préchauffeur un four rotatif long, à moins que cet achat soit aussi justifié par une augmentation de la productivité et de la capacité.

Il n'est pas souhaitable ni rentable d'installer un préchauffeur dans des fours discontinus ou conçus pour de multiples produits en raison des petits lots de production et des changements fréquents du type de produit à chauffer.

Les nouveaux modèles éconergétiques de préchauffeurs offrent un chauffage plus égal des roches, car ils éliminent ou réduisent les zones froides trouvées dans les modèles carrés traditionnels. Les mécanismes d'alimentation ont aussi été optimisés et sont plus éconergétiques que ceux des anciens modèles à chargement mécanique.

Sur les fours verticaux à cuve, les systèmes d'alimentation en continu peuvent améliorer l'efficacité énergétique en réduisant les périodes de refroidissement et de réchauffement communes aux procédés discontinus.

MESURES LIÉES AUX ACTIVITÉS

- Optimiser la vitesse d'alimentation.
- Réduire au minimum l'infiltration d'air ambiant dans les fours (éviter les fuites internes).

PROJETS D'INVESTISSEMENT

- Installer, au besoin, des systèmes d'alimentation en continu.
- Remplacer les préchauffeurs en place par des modèles récents.
- Ajouter un préchauffeur neuf et allier économies d'énergie et augmentation de la capacité afin d'éliminer ou de réduire l'utilisation des fours les moins éconergétiques.

MESURES	TYPE D'INVESTISSEMENT	PÉRIODE DE RÉCUPÉRATION	COMMENTAIRES
Mesures liées aux activités (chaque élément)	Ressources	De 0 à 6 mois	—
Remplacement des préchauffeurs par des modèles récents	Capitaux	Plus de 3 ans	—
Ajout d'un préchauffeur neuf	Capitaux	Plus de 3 ans	Augmentation de la capacité de production

6.7 FOURS ROTATIFS LONGS

Dans les fours rotatifs longs, les gaz d'échappement sont d'une température trop élevée pour être traités directement par un dépoussiéreur électrostatique ou à manche. Comme nous l'avons mentionné à la section précédente, il n'est peut-être pas rentable d'installer un préchauffeur s'il n'est pas nécessaire d'augmenter la capacité de production. La température de l'air d'échappement doit alors être réduite à un niveau acceptable pour le dépoussiéreur. Ceci peut être fait de trois façons : ajout d'air de dilution ou d'air frais, utilisation de tours de refroidissement par induction ou utilisation de systèmes de pulvérisation d'eau en aval du four.

Le mélange de l'air d'échappement avec l'air ambiant a pour inconvénient d'accroître les besoins en ventilation (parfois des ventilateurs additionnels sont requis) et, par conséquent, la consommation d'énergie. Par ailleurs, le débit de l'air peut dépasser la capacité du dépoussiéreur, et un investissement en capital serait alors requis pour corriger le problème.

Une tour de refroidissement par induction peut également aider à refroidir l'air d'échappement en augmentant la surface active. La tour sert d'échangeur de chaleur air-air. Toutefois, le nombre élevé de conduits augmente la charge des ventilateurs.

Dans certains cas, on injecte de l'eau dans l'air d'échappement du four afin de refroidir les gaz de combustion par évaporation. Les gaz ainsi refroidis ont moins besoin d'air de dilution, ce qui diminue la charge des ventilateurs. Les ventilateurs d'extraction fonctionnent plus efficacement, car ils déplacent de l'air plus froid et plus dense.

Selon le type de combustible utilisé, l'efficacité des dépoussiéreurs électrostatiques peut être accrue en injectant de l'eau. Ce procédé permet une plus grande ionisation des gaz d'échappement et diminue encore davantage la consommation d'énergie.

La quantité d'eau injectée dans les gaz d'échappement est étroitement contrôlée afin que la température ne diminue pas sous le point de rosée, ce qui pourrait entraîner la formation de boue.

MESURES	TYPE D'INVESTISSEMENT	PÉRIODE DE RÉCUPÉRATION	COMMENTAIRES
Réduction maximale de l'air de dilution	Capitaux	Varie selon l'installation	—
Refroidissement par évaporation	Capitaux	Varie selon l'installation	Examen détaillé requis

6.8 REFROIDISSEURS

Le refroidisseur de type Niems est considéré à l'heure actuelle comme le type le plus économétique sur le marché. La quantité d'air requise pour refroidir le produit est approximativement la même que la quantité d'air de combustion secondaire requise par le four, ce qui réduit l'utilisation des ventilateurs qui seraient nécessaires pour faire circuler une plus grande quantité d'air ou pour évacuer l'excès d'air. Par ailleurs, toute la chaleur récupérée de l'air est réutilisée.

Les refroidisseurs à grille, en revanche, ont des besoins en air considérablement plus élevés que les fours, et cet air est d'une température moins élevée. Une portion de l'air est donc évacuée, ce qui se traduit par une perte d'énergie en raison de la charge additionnelle des ventilateurs et de la chaleur perdue avec l'air évacué.

On peut économiser de l'énergie en réutilisant cet excès d'air pour d'autres activités menées à proximité, comme le fonctionnement du broyeur ou le dégel des piles de roches.

Il n'est généralement pas rentable de remplacer des refroidisseurs uniquement dans le but de réaliser des gains d'efficacité énergétique.

MESURES LIÉES AUX ACTIVITÉS

- Examiner les possibilités d'utiliser l'excès d'air du refroidisseur.
- Utiliser l'excès d'air du refroidisseur comme principale source d'approvisionnement en air.
- Optimiser le flux d'air du refroidisseur afin d'équilibrer l'air préchauffé et les besoins en matière de température du produit.

PROJETS D'INVESTISSEMENT

- Remplacer les ventilateurs par des appareils à haut rendement.
- Au moment du remplacement du refroidisseur, opter pour un appareil de type Niems (ou l'équivalent).

MESURES	TYPE D'INVESTISSEMENT	PÉRIODE DE RÉCUPÉRATION
Mesures liées aux activités (chaque élément)	Ressources	De 0 à 6 mois
Installation d'un refroidisseur à rendement plus élevé	Ressources	De 6 mois à 3 ans

FOURS ET MESURES LIÉES AUX FOURS
7.0

7.1 MATÉRIAUX RÉFRACTAIRES

Les manufacturiers européens ont mis au point et utilisent depuis plusieurs années des matériaux réfractaires à haut indice d'isolation. L'utilisation de ces matériaux est souvent rentable en Europe en raison du coût très élevé de l'énergie. Toutefois au Canada, l'énergie est moins onéreuse et ces matériaux sont peu utilisés. Ils méritent toutefois d'être mentionnés.

Les **matériaux réfractaires unicouches à valeur de résistance thermique élevée** peuvent être utilisés dans les fours rotatifs et verticaux. Ces matériaux ont toutefois une courte durée de vie, car ils s'usent rapidement.

La **brique réfractaire multicouche** (brique à valeur de résistance élevée utilisée derrière une brique exposée à des températures élevées) pose certains problèmes de fiabilité et de séparation des couches et a une durée de vie moins longue en raison de la minceur de la brique exposée à la chaleur. La courte vie utile de cette combinaison de matériaux – aussi peu que 50 p. 100 du potentiel, selon une estimation – augmente considérablement les temps d'arrêt ainsi que les coûts liés à la réisolation du revêtement et aux ressources.

En augmentant l'épaisseur globale de la brique afin de prolonger sa durée de vie ou d'accroître sa valeur de résistance, on diminue le volume du four, ce qui baisse la quantité de produit traité. Ceci peut tout de même s'avérer une façon acceptable de réduire la consommation d'énergie d'un four moins utilisé ou utilisé périodiquement qui ne serait pas affecté par une baisse du taux de production. Toutefois, son utilisation réduite pourrait annuler les gains financiers d'une efficacité accrue.

Le remplacement du revêtement d'un four par un matériau plus isolant a une incidence sur l'équilibre de chaleur dans le four et nécessite une analyse du procédé global, notamment en ce qui a trait à la consommation de carburant et aux stratégies de contrôle. Des économies d'énergie seront immédiatement réalisées et les opérateurs devront réduire l'alimentation en combustible pour maintenir des températures adéquates.

Une autre solution consiste à maintenir le taux de combustion tout en augmentant le taux de production dans le four. Il faut toutefois s'assurer que le temps de séjour est acceptable et que la qualité du produit n'est pas affectée.

Un examen des pertes de chaleur du four permettra de déterminer le matériau le moins cher et le plus efficace, le temps de remplacement des matériaux réfractaires et les coûts connexes. On pourra aussi déterminer si l'augmentation des pertes de chaleur justifie le remplacement anticipé des matériaux réfractaires.

Un nouveau type de matériau réfractaire, qui présente une surface structurée ou nervurée à l'endos, permet d'accroître le facteur de résistance grâce à un espace d'air immobile. Ce matériau offre, dit-on, une meilleure résistance thermique que celle des matériaux réfractaires ordinaires pour une même durée de vie.[1]

Les pertes de chaleur des fours peuvent aussi être déterminées à l'aide de scanners infrarouge ou de systèmes d'analyse thermographique. Certains appareils à infrarouge ne servent pas qu'à déterminer les dommages à l'isolant ou les « points chauds » en vue d'éviter lès dommages aux fours; en traitant quelque peu les données obtenues grâce à ces systèmes, on peut évaluer les pertes de chaleur ou comparer celles-ci à une situation idéale.

MESURES LIÉES AUX ACTIVITÉS

- Étanchéiser les fours afin de minimiser l'infiltration d'air ambiant ou les pertes de chaleur rayonnée.
- Optimiser les périodes de remplacement des matériaux réfractaires.
- Procéder à une analyse de perte de chaleur des fours.
- Remplacer les briques ordinaires par des matériaux à plus haut rendement, maximiser les valeurs d'isolation thermique, optimiser les réglages des fours.

PROJETS D'INVESTISSEMENT

- Four à double revêtement de brique.
- Contrôle – thermographique ou infrarouge – pour déceler les pertes de chaleur.

MESURES	TYPE D'INVESTISSEMENT	PÉRIODE DE RÉCUPÉRATION	COMMENTAIRES
Étanchéisation des fours	Entretien	De 0 à 6 mois	—
Optimisation des périodes de remplacement des matériaux réfractaires	Entretien, ressources	De 0 à 6 mois	—
Analyse de la perte de chaleur du four	Capitaux	De 6 mois à 3 ans	—
Maximisation de la valeur de résistance thermique	Ressources	De 6 mois à 3 ans	—
Four à double revêtement de brique	Entretien	Aucune récupération	Incidence possible sur la productivité
Évaluation des pertes à l'aide d'un système thermographique ou par infrarouge	Capitaux	Inconnu	Examen détaillé requis

[1] Source : RHI Canada Inc. (connue auparavant sous le nom de VRD Canada Inc.)

7.2 DISPOSITIFS DE RÉGLAGE DE LA COMBUSTION

Les réglages de l'air de combustion et du combustible font partie des variables d'efficacité les plus importantes et les plus complexes pour les fours. La teneur en oxygène a une incidence considérable sur la qualité du produit et la consommation d'énergie, et son réglage peut présenter par conséquent de grands avantages financiers.

Supposons que dans un four au gaz naturel, chaque tranche de 1 p. 100 d'oxygène relevé au capteur représente 4,8 p. 100 d'air en excès. Reprenons l'exemple précédent d'un four traitant 102 000 tonnes par an de produit à un taux de 6,6 GJ/t et à un coût du gaz naturel d'approximativement 3,03 $/GJ. La réduction de l'excès d'air permettra d'économiser approximativement 22 000 $ par an. Le 5 p. 100 d'excès d'air augmente d'autant la charge des ventilateurs d'une quantité équivalente.

Le type de dispositif de réglage de la combustion ainsi que le coût et la période de récupération varient selon la conception globale des installations. Il a été démontré qu'un excès d'air se traduit par une hausse des coûts. On peut donc utiliser ces coûts comme repère pour les avantages que présente l'amélioration du réglage de l'air et du combustible. Les périodes de récupération disponibles ou applicables relativement aux dispositifs de réglage de la combustion ont été incluses dans les tableaux d'analyse.

PROJET D'INVESTISSEMENT

- Installer et utiliser le plus possible des régulateurs automatisés et en direct pour les brûleurs et l'alimentation d'air, lesquels peuvent déceler et régler rapidement les problèmes.

7.2.1 Analyse des gaz de combustion

En raison des conditions à l'intérieur des fours, il arrive que les capteurs de gaz de combustion dans les fours soient obstrués et ne peuvent fonctionner adéquatement. Les lectures de ces capteurs sont tout de même une source importante de données pour le réglage des fours. Grâce à l'échantillonnage intermittent ou minuté, on peut obtenir des données exactes sur les gaz d'échappement à des intervalles déterminés. On peut en outre prolonger la durée de vie des capteurs en procédant à une série de purges entre les lectures afin d'empêcher les capteurs de s'encrasser ou de se boucher. Il est essentiel de procéder fréquemment à un étalonnage automatisé.

Des capteurs à oxyde de zirconium sont utilisés pour un grand nombre d'applications industrielles afin d'évaluer la teneur en O_2 dans les flux d'échappement. Plus la technologie utilisée est vieille, moins la mesure absolue du O_2 sera exacte dans les plages inférieures.[1] En outre, un grand nombre d'anciens modèles de capteurs

[1] Source : CEM Specialties. Voir le site Internet http://www.cemsi.on.ca/abouthm.htm.

sont étalonnés pour mesurer une teneur en O_2 entre 2 et 20 p. 100. Si l'on veut que le four fonctionne avec une concentration en O_2 de 3 p. 100, le capteur prendra des lectures autour des 5 p. 100 inférieurs de sa plage de mesure. D'excellents appareils électroniques et des linéariseurs sont requis pour amplifier avec exactitude la lecture.

Par ailleurs, la tension de sortie des capteurs varie selon la température des gaz d'échappement (une variation de température de 55 °C, soit 100 °F, représente une différence de tension de sortie d'approximativement 4 p. 100); il importe donc d'étalonner le capteur de O_2 et l'appareil de mesure de la température. On peut améliorer l'exactitude en prenant une deuxième mesure des gaz d'échappement et en regroupant les résultats pour déterminer le point d'intersection sur la courbe stœchiométrique.

Les nouveaux modèles de capteurs à oxyde de zirconium permettent de meilleures procédures d'étalonnage et comportent des appareils électroniques améliorés permettant de prendre des lectures plus uniformes et exactes.

On peut aussi utiliser un capteur d'oxygène paramagnétique, un appareil qui donne des mesures plus linéaires et qui offre une précision élevée pour des mélanges faibles en oxygène (moins de 10 p. 100). Ce type est un peu plus coûteux que le capteur à oxyde de zirconium ordinaire, mais offre plus de précision et présente une durée de vie supérieure[1]. Grâce aux récents progrès dans le domaine de l'échantillonnage, les capteurs sont encore plus robustes et fiables.

La capacité des capteurs ainsi que des dispositifs de mesurage et de contrôle progresse rapidement, et des systèmes neufs et améliorés sont régulièrement mis à l'essai. En raison de l'incidence globale de la teneur en oxygène sur les coûts de fonctionnement et la qualité du produit, il est essentiel de pouvoir prendre régulièrement une lecture exacte et fiable.

MESURES LIÉES AUX ACTIVITÉS

- Vérifier régulièrement l'étalonnage de tous les capteurs.
- Examiner les procédures d'échantillonnage afin d'éviter le plus possible l'obstruction des capteurs.

PROJETS D'INVESTISSEMENT

- Envisager la possibilité de remplacer les dispositifs d'échantillonnage du O_2 en place par les nouveaux modèles de capteurs à oxyde de zirconium ou des capteurs paramagnétiques.
- Remplacer les capteurs de débit d'air relatif par des dispositifs de mesure absolue, notamment des tubes de Pitot ou des débitmètres d'air à dilatation.

[1] Source : CEM Specialties. Voir le site Internet http://www.cemsi.on.ca/abouthtm.htm.

7.2.2 Évaluation du débit d'air

Une mesure et une régulation améliorées du débit d'air se traduiront également en une plus grande uniformité du produit et un rendement accru. Une évaluation approximative du débit d'air donnera des mesures inexactes liées à l'usure des ventilateurs, à une variation de vitesse et à l'obstruction des conduits. Les dispositifs de mesure directe, notamment les tubes de Pitot (de 3 000 à 5 000 $) et les débitmètres d'air à dilatation (de 7 000 à 10 000 $), permettent de mesurer avec plus d'exactitude le débit d'air que l'évaluation de l'intensité de courant électrique du moteur du ventilateur, laquelle change au fil du temps.

7.2.3 Régulation du combustible

Il est difficile d'évaluer globalement la rentabilité de la régulation du mélange air-combustible en raison du grand nombre de procédures et d'appareils actuellement utilisés. Il importe de bien comprendre comment fonctionne le système en place et quels sont les paramètres qui fourniraient les meilleurs avantages grâce à une régulation plus exacte. Il est moins pressant de remplacer les dispositifs de mesurage et de régulation si l'exactitude des données obtenues par inférence est vérifiée régulièrement.

Cela dit, il importe de souligner de nouveau les économies pouvant être réalisées en améliorant l'exactitude du mesurage et de la régulation dans les fours. Rappelons que dans l'exemple utilisé à la section 7.2, chaque tranche de 1 p. 100 d'oxygène mesurée au capteur au-dessus du niveau requis augmente les coûts annuels d'approximativement 22 000 $.

7.2.4 Brûleurs

Un grand nombre de fabricants de brûleurs offrent des appareils de pointe pour les fours. Ces brûleurs sont conçus de façon à accomplir des fonctions particulières au besoin. L'intensité de la turbulence et de la rotation, la quantité d'air secondaire et primaire ainsi que la longueur et la forme de la flamme (pour ne nommer que quelques-uns des paramètres) sont uniques à l'installation.

La stratégie la plus courante consiste à réduire au minimum le débit de l'air primaire tout en maintenant la vitesse d'injection requise pour le combustible, ce qui crée une flamme plus longue et mieux distribuée qui touche une plus grande partie du chargement du four ou qui y rayonne.

La diminution des besoins en air primaire et l'utilisation du flux d'air secondaire provenant du refroidisseur, qui est préchauffé entre 700 °C et 1 100 °C (1 300 °F et 2 000 °F), permettent d'accroître l'efficacité globale. Pillard signale qu'il est possible de réaliser des économies globales d'approximativement 1,5 p. 100 en remplaçant 4 p. 100 de l'air primaire par de l'air secondaire fourni aux températures susmentionnées. Voir le site Internet http://www.pillard.com.

Certaines études ont été menées afin d'évaluer l'utilisation de brûleurs à chauffage indirect dans les fours alimentés avec des combustibles solides. Les résultats obtenus jusqu'à présent ne sont toutefois pas concluants.

- Réduire les obstructions dans les conduites d'alimentation et les vannes de réglage afin de diminuer la charge des ventilateurs d'air primaire.
- Examiner les nouvelles technologies pour les brûleurs.

MESURES	TYPE D'INVESTISSEMENT	PÉRIODE DE RÉCUPÉRATION
Étalonnage précis du matériel	Ressources/formation	De 0 à 6 mois
Commandes automatisées en ligne	Capitaux	De 6 mois à 3 ans
Mesure directe du débit d'air	Capitaux	De 6 mois à 3 ans

7.3 MANUTENTION DU COMBUSTIBLE

Comme nous l'avons mentionné à la section 2.2 (Consommation d'énergie et répartition), la préparation et l'utilisation de certains combustibles donnent lieu à une augmentation des coûts et de la consommation d'énergie.

7.3.1 Mazout

Selon le climat et la qualité du mazout utilisé, il peut s'avérer nécessaire de chauffer ce combustible afin de faciliter le pompage et l'atomisation au brûleur. Les mazouts à viscosité élevée auront besoin d'être chauffés à une température assez élevée, surtout par temps froid.

MESURES LIÉES AUX ACTIVITÉS

- Entretenir les pompes et les systèmes d'alimentation afin d'éviter les fuites.
- Limiter le pompage dans les conduites de dérivation à un niveau minimum acceptable pour les taux d'alimentation d'un four ordinaire.
- Préchauffer le réservoir de stockage et le mazout à la température minimale pour assurer un pompage acceptable.

PROJETS D'INVESTISSEMENT

- Ne chauffer que la quantité de mazout requise pour la combustion et non tout le mazout qui se trouve dans les conduits de dérivation.
- Utiliser des méthodes de chauffage éconergétiques pour le mazout.
- Isoler les réservoirs de stockage situés au-dessus du niveau du sol afin de réduire les pertes de chaleur.

MESURES	TYPE D'INVESTISSEMENT	PÉRIODE DE RÉCUPÉRATION
Mesures liées aux activités (chaque élément)	Ressources	De 0 à 6 mois
Projets d'investissement (chaque élément)	Capitaux	De 6 mois à 3 ans

7.3.2 Houille et dérivés de la houille

La houille et le coke représentent environ 40 p. 100 de la consommation totale de combustible de l'industrie de la chaux. Cette forte proportion est attribuable au coût relativement bas du combustible et à sa grande capacité de rayonnement, ce qui offre un excellent transfert de chaleur à la roche.

Ces combustibles présentent toutefois comme inconvénient qu'ils doivent être broyés ou concassés pour offrir un bon rendement. Les dispositifs de préparation des combustibles solides consomment de l'énergie et requièrent l'utilisation de ventilateurs auxiliaires pour transporter le combustible finement broyé sous une forme fluidisée. En outre, de l'air chauffé est acheminé au broyeur pour aider à sécher le combustible au cours du broyage. Selon une étude réalisée en 1992 aux États-Unis, la consommation d'énergie du matériel auxiliaire de pulvérisation représente un coût supplémentaire d'approximativement 20 p. 100 en sus du coût du coke et de 13 p. 100 en sus du coût de la houille.[1]

En remplaçant le classificateur statique par un appareil dynamique, une entreprise peut réaliser des gains d'efficacité en évitant le surbroyage du combustible. Le broyage du combustible à la taille adéquate permet de réduire la quantité de combustible non brûlé dans les cendres volantes ou les résidus dans l'échappement du four. Les besoins en énergie du classificateur sont compensés par les économies d'énergie réalisées dans le fonctionnement du broyeur; il en résulte une augmentation globale de l'efficacité équivalente au gain réalisé dans le four.

L'utilisation d'un combustible broyé à la taille adéquate permet d'accroître l'efficacité de 5 à 10 p. 100. Le combustible non brûlé circule dans le four et peut se lier à d'autres substances dans les gaz d'échappement, ce qui contribue à la formation de crasse. Cette crasse pourrait être concassée, broyée puis réutilisée pour obtenir l'énergie du combustible. Ce procédé de préparation entraîne toutefois une consommation d'énergie additionnelle.

MESURES LIÉES AUX ACTIVITÉS

- Assurer le broyage du combustible à une taille optimale, et éviter le surbroyage.
- Réduire le plus possible le pompage et le mouvement du combustible.
- Sélectionner la capacité du broyeur en fonction des charges.

PROJETS D'INVESTISSEMENT

- Examiner la possibilité d'utiliser des flux d'air de même température et débit. Se servir de la section du milieu du refroidisseur pour fournir de l'air à basse température et réduire la dilution de l'air à température élevée provenant du four. Ce procédé ne convient pas si la quantité d'air refroidi est limitée.

[1] Enbridge Consumers Gas. Voir le site Internet http://www.cg.enbridge.com.

- Remplacer les vieux broyeurs ou ceux à faible rendement par d'autres permettant un broyage du combustible à une taille adéquate. Cette mesure ne s'avérera peut-être pas avantageuse en raison du coût élevé des immobilisations.
- Entreposer la houille et le coke de façon à réduire au minimum les gains d'humidité et examiner les possibilités d'entreposage dans des aires closes.

7.3.3 Sources d'énergie de remplacement

L'incidence et la valeur d'une source d'énergie de remplacement (comme les vieux pneus et l'huile usagée) n'ont pas encore été déterminées. L'utilisation de certaines de ces sources a été démontrée dans les fours à ciment, mais on ne peut appliquer directement cette information en raison des différences de la température optimale du procédé et la composition chimique du produit.

7.4 FUITES

L'énergie perdue par les orifices, les fentes, les trappes de chargement et d'autres ouvertures affecte le rendement des fours. La perte d'énergie par les ouvertures peut se produire de trois façons.

Les **pertes par convection** se produisent lorsque des gaz chauds sont poussés à l'extérieur du four dans l'air ambiant. Cet air est alors réchauffé mais n'effectue aucun travail utile. Les pertes réelles dépendent de la température de l'air qui s'échappe et de son volume, lequel est fonction de la pression différentielle et de la taille de l'ouverture.

Les **pertes par rayonnement** se produisent lorsque la chaleur infrarouge (lumière) s'échappe par les ouvertures. Ces fuites dépendent, d'une part, de l'émetteur – dans le présent cas, il s'agit de la flamme, de la brique réfractaire et de la chaux incandescente – et, d'autre part, du pouvoir d'absorption des surfaces environnantes. Selon des données tirées d'un tableau du Guide de planification et de gestion de l'efficacité énergétique du PEEIC, une petite ouverture de la taille d'une trappe de 230 cm^2 (36 po^2) peut laisser s'échapper approximativement 125 GJ (120 millions de BTU) d'énergie rayonnante par an.

Le rendement du four diminue lorsque l'air s'y infiltre par les fissures, les portes ou les dispositifs de fermeture en raison de la basse pression. Cette infiltration (connue sous le nom de **fuite interne**) n'est pas contrôlable et peut varier, ce qui rend difficile le réglage global du rapport air-combustible.

L'infiltration accroît également la charge des ventilateurs. Ceci est particulièrement nuisible lorsque la capacité d'un ventilateur de tirage induit devient le facteur restrictif du fonctionnement du four. Les fuites d'air se produisant près de l'aire d'alimentation peuvent aussi affecter la lecture de la teneur en oxygène du flux d'air sans contribuer notablement au processus de combustion.

7.5 COMPOSANTES INTERNES DES FOURS

Les composantes internes comme les seuils, les échangeurs, les agitateurs et les cornières élévatrices peuvent aider à résoudre deux problèmes communs aux fours rotatifs, à savoir assurer un mélange plus uniforme du produit et réduire le flux laminaire des gaz.

Les fours rotatifs sont alimentés de telle façon que de gros morceaux de roche reposent sur de plus petits, et forment sur le lit du four un amoncellement dont la section transversale ressemble à un rein. Cette forme ne permet pas une distribution égale de la chaleur à toutes les roches lorsque ces dernières s'affaissent. Ceci ne pose pas un problème de taille dans les fours dotés de préchauffeurs, car les petites roches sont calcinées dans le préchauffeur et sont protégées d'une surcuisson par les plus grosses roches les entourant.

Dans les fours rotatifs longs (non munis de préchauffeurs), l'ajout de composantes internes spécifiques (comme des cornières élévatrices, des croix métalliques ou des agitateurs) permet de mieux mélanger les roches, ce qui favorise une calcination plus égale. Ceci augmente également la tolérance aux différents niveaux d'alimentation tout en assurant une calcination identique de toutes les roches.

L'augmentation de la turbulence dans le four a pour inconvénient d'accentuer le mouvement des roches et, par conséquent, d'augmenter le nombre de bris et la quantité de fines.

L'installation de dispositifs pour réduire le flux laminaire des gaz d'échappement n'affecte pas l'état des roches, mais augmente la turbulence de l'air, ce qui favorise un meilleur transfert de chaleur au produit et un meilleur mélange air-combustible.

MESURE LIÉE AUX ACTIVITÉS

- Examiner le transfert de chaleur actuel dans les fours et les avantages que pourrait procurer l'ajout de chicanes pour les gaz d'échappement ou les roches.

7.6 FOURS VERTICAUX

Un grand nombre des facteurs affectant le rendement du four rotatif s'appliquent au four vertical. Ce dernier fonctionne en discontinu plutôt qu'en continu et utilise la partie supérieure du four pour le préchauffage. Habituellement, le four est mis à l'arrêt, un lot de roches est chargé, puis les brûleurs sont allumés de nouveau. La roche calcinée est ensuite retirée du bas du four, puis refroidie à un taux contrôlé. Une fois que les roches ont atteint une certaine température, le processus est repris.

L'ajout d'un système d'alimentation clos élimine le besoin d'arrêter le four pour le recharger, ce qui réduit les opérations transitoires. Le four n'est pas affecté par l'ajout d'un nouveau lot, car ce dernier est introduit par un sas étanche afin de réduire à un niveau minimal les effets sur le procédé de combustion.

Une technologie récente consiste à ajouter des brûleurs périphériques aux fours (qui n'ont pas été conçus à cet effet). Cela permet d'utiliser le débit élevé de recirculation des gaz d'échappement pour accroître la portée de la flamme dans les roches et assurer une calcination plus uniforme sans toutefois trop cuire les roches situées près du brûleur. Dans une installation, les brûleurs périphériques ont augmenté de 35 p. 100 la capacité de production tout en diminuant la consommation de combustible.

MESURE LIÉE AUX ACTIVITÉS

- Maintenir des pratiques de tri en système clos.

PROJET D'INVESTISSEMENT

- Préparer une étude de la consommation de combustible en fonction du temps pour établir l'incidence de l'usure des matériaux réfractaires.

MESURES	TYPE D'INVESTISSEMENT	PÉRIODE DE RÉCUPÉRATION
Pratiques de triage	Ressources	De 6 mois à 3 ans
Étude de la consommation de combustible	Capitaux	De 6 mois à 3 ans

7.7 CYCLONES

Lorsqu'ils sont utilisés, les cyclones et les multicyclones sont habituellement installés dans le flux d'échappement entre le four et le ventilateur de tirage induit. Ils recueillent une partie des matières particulaires par la force centrifuge. Ces dispositifs ne requièrent aucune énergie (à l'exception de celle requise par le ventilateur en raison des nouveaux obstacles à la circulation libre), ont besoin de peu d'entretien et n'exigent aucun refroidissement des gaz d'échappement. En général, ils peuvent retirer du flux d'échappement approximativement 70 p. 100 des particules.

MESURE LIÉE AUX ACTIVITÉS

- Utiliser des cyclones et des multicyclones pour retirer le plus de particules possibles des gaz d'échappement avant d'admettre ces derniers dans les dépoussiéreurs électrostatiques ou les filtres à manche.

7.8 DÉPOUSSIÉREURS ÉLECTROSTATIQUES ET FILTRES À MANCHE

Les dépoussiéreurs électrostatiques et les filtres à manche ont une incidence sur l'efficacité énergétique. Il est toutefois plus important de veiller à leur bon fonctionnement et de s'assurer qu'ils conviennent aux degrés de température et de poussière dans l'échappement.

- Utiliser les procédures de nettoyage au besoin et non selon un horaire déterminé.
- Minimiser la dilution des gaz d'échappement à l'aide de sacs à haute température dans les filtres à manche.
- Examiner la possibilité de procéder au refroidissement par évaporation dans les dépoussiéreurs électrostatiques.

MESURES	TYPE D'INVESTISSEMENT	PÉRIODE DE RÉCUPÉRATION	COMMENTAIRES
Optimisation du cycle de nettoyage	Ressources	De 6 mois à 3 ans	—
Réduction maximale de l'air de dilution	Capitaux	De 6 mois à 3 ans	—
Examen du refroidissement par évaporation	Capitaux	Inconnu	Examen détaillé requis

7.9 BRIQUETAGE

Le briquetage consiste à compresser la poussière de chaux en de petites briquettes dures (d'environ 2,5 cm x 5 cm x 1,25 cm). Cela permet de réduire la quantité de poussière provenant de la manutention de la chaux au cours du transport et des utilisations finales. Les briquettes peuvent également être recouvertes, d'oxyde de fer par exemple, pour des utilisations finales particulières. Le briquetage n'est pas une pratique commune à toutes les installations, mais peut s'avérer avantageux sur le plan financier pour les installations qui produisent une grande quantité de poussière de chaux et qui ont accès à un marché pour les briquettes.

MESURES LIÉES AUX ACTIVITÉS

- Éliminer ou réduire le court-circuitage de poussières à l'alimentation.
- S'assurer que le matériel fonctionne à un rendement optimal et prendre des mesures afin de réduire au minimum le bris des briquettes.
- Éviter une manipulation excessive des briquettes.
- Faire fonctionner le matériel uniquement au cours des heures creuses, s'il est utilisé de manière intermittente.

PROJETS D'INVESTISSEMENT

- Au besoin, poser un revêtement dans les moules afin de faciliter le démoulage des briquettes.
- Remplacer les dispositifs de briquetage par des appareils à rendement plus élevé dotés de moteurs à haut rendement.

MESURES	TYPE D'INVESTISSEMENT	PÉRIODE DE RÉCUPÉRATION
Mesures liées aux activités (chaque élément)	Ressources	De 0 à 6 mois
Agents de démoulage	Capitaux	De 6 mois à 3 ans
Remplacement du matériel en place par des appareils à haut rendement	Capitaux	Plus de 3 ans

PERSONNES-RESSOURCES AU SEIN DE L'INDUSTRIE

GAZ NATUREL

B.C. Gas Utility Inc.
Gary Hamer
Gestionnaire de l'efficacité énergétique
Développement des marchés, B.C. Gas
4190 Lougheed Highway, 2e étage
Burnaby (Colombie-Britannique)
V5C 6A8
Téléphone : (604) 293-8473
Télécopieur : (604) 293-8850
Courriel : ghamer@bcgas.com

SaskEnergy
Bernard Ryma
1945, rue Hamilton
Regina (Saskatchewan) S4P 2C7
Téléphone : (306) 777-9368
Télécopieur : (306) 525-3422
Courriel : bryma@SaskEnergy.sk.ca

Enbridge Consumers Gas Company Limited
Masoud Almassi
Gestionnaire du marketing industriel
2235, avenue Sheppard Est
Atria II, 10e étage
North York (Ontario) M2J 5B5
Téléphone : (416) 496-7110
Télécopieur : (416) 496-7182
Courriel : masoud.almassi@cgc.enbridge.com

ATCO Gas
Mark Antonuk, Superviseur
Marketing commercial et industriel
909, 11e Avenue SO
Calgary (Alberta) T2R 1L8
Téléphone : (403) 245-7199
Télécopieur : (403) 245-7405
Courriel : mark.antonuk@atco.gas.com

Centra Gas Manitoba Inc.
Dieter Bartel
Représentant des affaires commerciales
444, avenue St. Mary
Bureau 510
Winnipeg (Manitoba) R3C 3T7
Téléphone : (204) 925-0240
Télécopieur : (204) 925-0810
Courriel : dbartel@wei.org

PROGRAMMES DE GESTION DE L'ÉNERGIE DES GOUVERNEMENTS PROVINCIAUX

Colombie-Britannique
Direction de la gestion de l'énergie
Division des ressources énergétiques
Ministère de l'Énergie, des Mines
et des Ressources pétrolières
617, rue Government, bureau 418
Victoria (Colombie-Britannique)
V8V 1X4
Téléphone : (250) 952-0583

Saskatchewan
Howard Loseth
Ingénieur en conservation de l'énergie
Direction du développement de l'Énergie
Énergie et Mines Saskatchewan
2101, rue Scarth
Regina (Saskatchewan) S4P 3V7
Téléphone : (306) 787-3379
Télécopieur : (306) 787-2333
Courriel : howard.loseth@sem.gov.sk.ca

Ontario
Ministère de l'Énergie de l'Ontario
Myra Gerow
Coordinateur des produits
933, chemin Ramsey Lake
Sudbury (Ontario) P3E 6B5
Téléphone : (705) 670-5828
Télécopieur : (705) 670-5803
Courriel : myra.gerow@ndm.gov.on.ca

Nouveau-Brunswick
Sam McEwan
Gestionnaire, exploitation des mines
et de l'énergie
Ressources naturelles et Énergie
C.P. 6000
Fredericton (Nouveau-Brunswick)
E3B 5H1
Téléphone : (506) 453-6637
Télécopieur : (506) 453-3671
Courriel : smcewan@gov.nb.ca

Alberta
Direction de l'efficacité énergétique
Ministère de l'Énergie de l'Alberta
Diana Prudy
Mineral Access and Geology Mapping
9945, 108e Rue
4e étage
Edmonton (Alberta) T5K 2G6
Téléphone : (780) 422-9499
Télécopieur : (780) 422-1123
Courriel : diana.prudy@gov.ab.ca

Manitoba
Ernie Armitt
Directeur de la Direction des mines
Énergie et Mines
1395, avenue Ellice
Winnipeg (Manitoba) R3G 3P2
Téléphone : (204) 945-8427
Télécopieur : (204) 945-8427
Courriel : earmitt@em.gov.mb.ca

Québec
Luc Morin
Direction de l'efficacité énergétique
Ministère des Ressources naturelles
Gouvernement du Québec
5700, 4e Avenue Ouest
Charlesbourg (Québec) J1H 6R1
Téléphone : (418) 627-6379, poste 8036
Télécopieur : (418) 643-5825
Courriel : luc.morin@gouv.qc.ca

Île-du-Prince-Édouard
Ron Estabrooks
Direction de l'énergie et des minéraux
Développement économique et
Tourisme (ÎPE)
C.P. 2000
Charlottetown (Île-du-Prince-Édouard)
C1A 7N8
Téléphone : (902) 368-5011
Télécopieur : (902) 368-6582
Courriel : rgesta @gov.pe.ca

Nouvelle-Écosse
Ministère des Ressources naturelles
Don Jones,
directeur des Mines et de l'Énergie
Division du développement
Founders Square
1701, rue Hollis, 4e étage
C.P. 698
Halifax (Nouvelle-Écosse) B2J 2T9
Téléphone : (902) 424-5618
Courriel : dsjones@gov.ns.ca

Terre-Neuve
Brian Maynard
Sous-ministre des Mines et de l'Énergie
C.P. 8700
St. John's (Terre-Neuve) A1B 4J6
Téléphone : (709) 729-2356
Télécopieur : (709) 729-0059
Courriel : bmaynard@mail.gov.nf.ca

Territoires du Nord-Ouest
Jacqueline Cusveller
Division des minéraux,
du pétrole et du gaz
RWED Gouvernement des Territoires
du Nord-Ouest
C.P. 1320
Yellowknife (Territoires du Nord-Ouest)
X1A 2L9
Téléphone : (867) 920-3346
Télécopieur : (867) 873-0254
Courriel : jackie_cusveller@gov.nt.ca

SERVICES D'ÉLECTRICITÉ

British Columbia Hydro
Division de la gestion de l'énergie
Marty Ahad
6911, prom. South Point (East 16)
Burnaby (Colombie-Britannique)
V3N 4X8
Téléphone : (604) 528-1537
Télécopieur : (604) 528-1552
Courriel : marty.ahad@bchydro.bc.ca

TransAlta Utilities
Rob Falconer
Gestionnaire des produits et services
C.P. 1900
Calgary (Alberta) T2P 2M1
Téléphone : (403) 267-2578
Télécopieur : (403) 267-4740
Courriel : robfalconer@transalta.com

Alberta Power Limited
Nap Pepin
Représentant des ventes commerciales
10035, 105e Rue
Edmonton (Alberta) T5J 2V6
Téléphone : (780) 420-4102
Télécopieur : (780) 420-7222
Courriel : nap.pepin@atcoelectric.com

Edmonton Power
Lloyd Bertschi
Gestionnaire de programme
Envest (EPCOR)
Capital Square
10065, avenue Jasper, 9e étage
Edmonton (Alberta) T5J 3B1
Téléphone : (780) 412-3438
Télécopieur : (780) 412-3346
Courriel : lqbertsc@epcor-group.com

SaskPower
Randy Graham
Gestionnaire des principaux comptes
2025, avenue Victoria
Regina (Saskatchewan) S4P 0S1
Téléphone : (306) 566-2832
Télécopieur : (306) 566-3305
Courriel : rgraham@saskpower.sk.ca

Winnipeg Hydro
Brian Gaber
Coordinateur de la gestion de l'énergie
223, avenue James
Winnipeg (Manitoba) R3B 3L1
Téléphone : (204) 986-2339
Télécopieur : (204) 942-7804
Courriel : bgaber@city.winnipeg.mb.ca

Hydro-Québec
Ronald Martineau
Directeur du marketing, Hydro-Québec
1010, rue Sainte-Catherine Ouest, 9e étage
Montréal (Québec) H3C 4S7
Téléphone : (514) 392-8000, poste 8471
Télécopieur : (514) 392-8806
Courriel : matineau.ronald@hydro.qc.ca

New Brunswick Power
Mike Keays
Administrateur à la clientèle industrielle
C.P. 2000
Fredericton (Nouveau-Brunswick)
E3B 4X1
Téléphone : (506) 458-4252
Télécopieur : (506) 458-4000
Courriel : MKeays@nbpower.com

Nova Scotia Corporation
Ann Hope
Gestionnaire du marketing interentreprises
C.P. 910
Halifax (Nouvelle-Écosse) B3J 2W5
Téléphone : (902) 428-6149
Télécopieur : (902) 428-6066

Manitoba Hydro
Michael Dudar
Gestionnaire de division
Solutions industrielles et commerciales
820, avenue Taylor
C.P. 815
Winnipeg (Manitoba) R3C 2P4
Téléphone : (204) 474-4100
Télécopieur : (204) 474-4641
Courriel : mpudar@hydro.mb.ca

Ontario Hydro
Bob McKeller
Services énergétique et environnemental
700, avenue University (H19-A-20)
Toronto (Ontario) M5G 1X6
Téléphone : (416) 506-3448

New Brunswick Power
George Dashner
Spécialiste en gestion de l'énergie
C.P. 2000
Fredericton (Nouveau-Brunswick)
E3B 4X1
Téléphone : (506) 458-3285
Télécopieur : (506) 458-4000
Courriel : Gdashner@nbpower.com

Maritime Electric Co. Ltd.
Angus Orford
Gestionnaire du marketing et des
communications de l'entreprise
C.P. 1328
Charlottetown (Île-du-Prince-Édouard)
C1A 7N2
Téléphone : (902) 629-3628
Télécopieur : (902) 629-3665
Courriel : orford@maritimeelectric.com

Newfoundland Power
Mervin Cranford
Spécialiste de l'utilisation de l'énergie
C.P. 8910
St. John's (Terre-Neuve) A1B 3P6
Téléphone : (709) 737-5891
Télécopieur : (709) 737-5339
Courriel : mcranfor@newfoundlandpower.com

Newfoundland and Labrador Hydro
Al Ballard
Gestionnaire des relations avec la clientèle
C.P. 12400
St. John's (Terre-Neuve) A1B 4K7
Téléphone : (709) 737-1754
Télécopieur : (709) 737-1902
Courriel : aballard@nlh.nf.ca

Yukon Electrical Company Ltd.
Steve Savage
C.P. 4190
Whitehorse (Yukon) Y1A 3T4
Téléphone : (867) 633-7034
Télécopieur : (867) 633-5797
Courriel : steve.savage@atco.ca

NWT Power Corporation
Mike Vaydik
Directeur général
C.P. 2818
Yellowknife (Territoires du Nord-Ouest)
X1A 2R1
Téléphone : (867) 873-5281
Télécopieur : (867) 920-2145
Courriel : nwtmines@ssimcro.com

Yukon Energy Corporation
John Maissan
Directeur des services techniques
C.P. 5920
Whitehorse (Yukon) Y1A 5L6
Téléphone : (867) 667-8119
Télécopieur : (867) 393-6353
Courriel : john.maissan@yec.yk.ca

PROGRAMMES CITÉS COMME SOURCE DE RÉFÉRENCE

Mesures volontaires et Registre
du Défi-climat canadien
170, avenue Laurier, bureau 600
Ottawa (Ontario) K1P 5V5
Téléphone : (613) 565-5151
Télécopieur : (613) 565-5743

À LA SOURCE
a/s de Energy Pathways Inc.
251, avenue Laurier Ouest, bureau 500
Ottawa (Ontario) K1P 5J6
Téléphone : (613) 798-9393

Secrétariat du PEEIC
Initiative de l'efficacité énergétique
dans le secteur industriel
Office de l'efficacité énergétique
Ressources naturelles Canada
580, rue Booth, 18e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Télécopieur : (613) 947-4121

CEMET
Ressources naturelles Canada
580, rue Booth, 18e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Téléphone : (613) 947-6814

RÉFÉRENCES

Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne. *Guide de planification et de gestion de l'efficacité énergétique*, publié avec l'aide de Ressources naturelles Canada, 1999.

Association canadienne de l'industrie du caoutchouc, PEEIC et Direction de l'efficacité énergétique de Ressources naturelles Canada. *Occasions d'efficacité énergétique dans l'industrie du caoutchouc*, Mississauga, 1997.

Association des brasseurs du Canada, PEEIC et Direction de l'efficacité énergétique de Ressources naturelles Canada. *Les possibilités d'amélioration du rendement énergétique dans l'industrie brassicole canadienne*, Lom and Associates, Toronto, 1997.

Centre canadien de données et d'analyse sur la consommation d'énergie dans le secteur de l'industrie (CIEEDAC). *Development of Energy Intensity Indicators for Canadian Industry, 1990 à 1999*, Simon Fraser University, Burnaby, Colombie-Britannique, février 2001.

Office de l'efficacité énergétique de Ressources naturelles Canada. *Évolution de l'efficacité énergétique au Canada : 1990 à 1996 – Mise à jour : Examen des indicateurs de consommation d'énergie, d'efficacité énergétique et d'émissions*, juin 1998.

Règlement municipal sur la marche au ralenti (An Idling By-Law), Works and Emergency Services, Toronto.

Site Internet de la Ontario Power Generation à l'adresse http://www.opgdirect.com.

Site Internet sur le cuivre à l'adresse www.copper.org.

Secteur des minéraux et des métaux de Ressources naturelles Canada. *Mines et usines de traitement de minéraux au Canada, 1998*. MR243 Mesures volontaires et Registre du Défi-climat canadien inc.

L'Association minière du Canada, SRP Management Consulting Associates et PEEIC, *Guide de planification de l'efficacité énergétique*, Ottawa, novembre 1997.

Energy Management Handbook, Third Edition, Wayne C. Turner, Fairmont Press, Lilburn, Georgia, 1997.

North American Combustion Handbook, Volume 1 : Combustion, Fuels, Stoichiometry, Heat Transfer, Fluid Flow, Third Edition. North American Mfg Co., Cleveland, Ohio, 1986.

Schwank Infra-Red Gas Heaters, documentation commerciale et sur les produits. Tél. : (905) 712-4766; CÉ : phorich@schwank.on.ca.

Atlas Copco Compressors Canada, services techniques. Tél. : (514) 421-4121.

Groupe de travail sur les minéraux et les métaux de la Table de concertation de l'industrie. *Document de base sur les minéraux et les métaux*, mars 1999 (disponible à l'adresse www.nccp.ca/html_f/index.htm, « Tables de concertation » et «Industrie ».

Groupe de travail sur les minéraux et les métaux de la Table de concertation sur l'industrie (PEEIC). *Minéraux et métaux : analyse préliminaire des mesures et des possibilités de réduction des GES*, Ottawa, juillet 1999.

Statistique Canada, statistiques sur l'industrie de la chaux, Ottawa, 1997.

Ressources naturelles Canada. *Fours, sécheurs et fours de cuisson*, Série de la gestion de l'énergie, M91-6/7F.

Industrie Canada, site Internet « Analyse économique et statistiques – Statistiques relatives à l'industrie canadienne », http://strategis.ic.gc.ca.

Entretiens avec Henry Vergeer, CEM Specialties, relativement aux techniques d'évaluation de la teneur en oxygène. Tél. : (519) 641-6431.

Ametek Combustion Efficiency Handbook, publication fournie par Willer Engineering Limited. Tél. : (416) 499-4421.

Entretiens avec Joe Fong, Willer Engineering Limited, relativement aux techniques d'évaluation de la teneur en oxygène. Tél. : (416) 499-4421.

Entretiens avec Bill MacDonell et John Thibault, VRD Canada (maintenant RHI Canada Inc.), relativement à l'optimisation de la valeur de résistance thermique des fours. Tél. (905) 639-8660.

Secteur des minéraux et des métaux de Ressources naturelles Canada. *Annuaire des minéraux du Canada*, 1997.

Pour toute information ou pour obtenir des exemplaires
du présent document, s'adresser à :

Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne
a/s Ressources naturelles Canada
Office de l'efficacité énergétique
580, rue Booth, 18e étage
Ottawa ON K1A 0E4
Tél. : (613) 995-6839
Téléc. : (613) 947-4121
Courriel : cipec.peeic@rncan.gc.ca

Office de l'efficacité énergétique
Office of Energy Efficiency

Engager les Canadiens sur la voie de l'efficacité énergétique à la maison, au travail et sur la route

L'Office de l'efficacité énergétique de Ressources naturelles Canada est un organisme dynamique qui a pour mandat de renouveler, de renforcer et d'élargir l'engagement du Canada envers l'efficacité énergétique afin d'aider à relever les défis posés par les changements climatiques.